

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Инженерная школа энергетики

НОЦ И.Н. Бутакова

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль Автоматизация технологических процессов и производств в  
теплоэнергетике и теплотехнике

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Автоматизированная система управления параметрами сетевой воды на котельной №7 с. Молчаново Томской области</b>

УДК 681.51.621.182.1:536.5 (571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б4В	Балахнина Юлия Евгеньевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Атрошенко Юлия Константиновна	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Кузьмина Наталия Геннадьевна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Василевский Михаил Викторович	к.т.н., доцент		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель профиля ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.03.01	Стрижак Павел Александрович	д.ф.-м.н., профессор		

**Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы бакалавриата по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»**

Код резу- ль- тата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
P1	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе <i>на иностранном языке</i> , разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты <i>комплексной</i> инженерной деятельности.
P2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении <i>комплексных</i> инженерных задач.
P3	Демонстрировать <i>личную</i> ответственность, приверженность и следовать профессиональной этике и нормам ведения <i>комплексной</i> инженерной деятельности с соблюдением правовых, социальных, экологических и культурных аспектов.
P4	Анализировать экономические проблемы и общественные процессы, участвовать в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм.
P5	К достижению должного уровня экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
P6	Осознавать необходимость и демонстрировать <i>способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни</i> , непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии, организации обучения и тренинга производственного персонала.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P7	Применять <i>базовые</i> математические, естественнонаучные, социально-экономические знания в профессиональной деятельности <i>в широком</i> (в том числе междисциплинарном) контексте в <i>комплексной</i> инженерной деятельности в производстве тепловой и электрической энергии.
P8	Анализировать научно-техническую информацию, ставить, решать и публиковать результаты решения задач <i>комплексного</i> инженерного анализа с использованием <i>базовых и специальных</i> знаний, нормативной документации, современных аналитических методов, методов математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования.
P9	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок объектов производства тепловой и электрической энергии, выполнять <i>комплексные</i> инженерные проекты с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, <i>современных</i> методов проектирования для достижения <i>оптимальных</i> результатов, соответствующих техническому заданию <i>с учетом</i> нормативных документов, экономических, экологических, социальных и других ограничений.
P10	Проводить <i>комплексные</i> научные исследования в области производства тепловой и электрической энергии, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных, и их подготовку для составления обзоров, отчетов и научных публикаций с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, и <i>современных</i> методов.

P11	Использовать информационные технологии, использовать компьютер как средство работы с информацией и создания новой информации, осознавать опасности и угрозы в развитии современного информационного общества, соблюдать основные требования информационной безопасности.
P12	Выбирать и использовать необходимое оборудование для производства тепловой и электрической энергии, управлять технологическими объектами, использовать инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.
<i>Специальные профессиональные</i>	
P13	Участвовать в выполнении работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов теплоэнергетического производства, контролировать организацию метрологического обеспечения технологических процессов теплоэнергетического производства, составлять документацию по менеджменту качества технологических процессов на производственных участках.
P14	Организовывать рабочие места, управлять малыми коллективами исполнителей, к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений, планированию работы персонала и фондов оплаты труда, организовывать обучение и тренинг производственного персонала, анализировать затраты и оценивать результаты деятельности первичных производственных подразделений, контролировать соблюдение технологической дисциплины.
P15	Использовать методики испытаний, наладки и ремонта технологического оборудования теплоэнергетического производства в соответствии с профилем работы, планировать и участвовать в проведении плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, в том числе, при освоении нового оборудования и (или) технологических процессов.
P16	Организовывать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования теплоэнергетического производства, контролировать техническое состояние и оценивать остаточный ресурс оборудования, организовывать профилактические осмотры и текущие ремонты, составлять заявки на оборудование, запасные части, готовить техническую документацию на ремонт, проводить работы по приемке и освоению вводимого оборудования.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Инженерная школа энергетики

Отделение/НОЦ Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике и теплотехнике

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель профиля  
П.А. Стрижак

\_\_\_\_\_  
(Подпись)

\_\_\_\_\_  
(Дата)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
5Б4В	Балахниной Юлии Евгеньевне

Тема работы:

Автоматизированная система управления параметрами сетевой воды на котельной №7 с. Молчаново Томской области	
Утверждена приказом директора №	571/с от 01.02.20018

Срок сдачи студентом выполненной работы:

30.05.18
----------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

Исходные данные к работе	Объектом проектирования является котельная №7 с. Молчаново Томской области. При разработке системы управления предусмотреть использование современных микропроцессорных технических средств автоматизации для реализации функций автоматического контроля параметров и управления системы.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1 Описание объекта. 2 Гидравлический расчет системы теплоснабжения. 3 Разработка структурной схемы. 4 Разработка функциональной схемы.

	5 Выбор оборудования. 6 Разработка электрической схемы. 7 Разработка монтажной схемы. 8 Разработка щита общего вида. 9 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 10 Социальная ответственность.
Перечень графического материала	1 Схемы структурная. 2 Схема функциональная. 3 Схема принципиальная электрическая щита управления. 4 Схема монтажная. 5 Общий вид щита управления. 6 Схема сети теплоснабжения

#### **Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кузьмина Наталия Геннадьевна
Социальная ответственность	Василевский Михаил Викторович

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.02.18
--	----------

#### **Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ	Атрошенко Юлиана Константиновна	к.т.н		

#### **Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б4В	Балахнина Юлия Евгеньевна		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 77 с., 18 рисунков, 19 таблиц, 20 источников.

Ключевые слова: автоматизированная система управления (АСУ), котельная, сетевая вода, температура, котельный агрегат.

Объектом исследования является котельная № 7 в с. Молчаново Томской области.

Цель работы – разработать автоматизированную систему управления температурой сетевой воды на основе современных технических средств.

В процессе работы выполнен выбор оборудования системы автоматизации, разработана схемная документация, выполнен поверочный гидравлический расчет с учетом подключения новых потребителей.

В результате выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР) разработана система управления температурой сетевой воды.

Разработанная автоматизированная система управления после доработки с учетом действительных характеристик может быть использована на реальных объектах малой энергетики.

В процессе работы использовались современные программные продукты Microsoft Word, Excel, MathType, ZuluThermo.

## Оглавление

Введение.....	10
1. Описание объекта управления.....	12
2. Гидравлический расчёт системы теплоснабжения.....	15
2.1. Характеристика системы теплоснабжения.....	15
2.2. Алгоритм выполнения гидравлического расчёта .....	17
2.2.1. Определение расчетных расходов теплоносителя.....	17
2.2.2. Определение скорости, потери напора, сопротивления .....	19
2.2.3. Расчет итоговых значений.....	19
2.2.4. Учет утечек из систем теплопотребления .....	20
2.2.5. Расчет утечек на участках тепловой сети .....	21
2.3. Результаты гидравлического расчёта.....	23
3. Разработка структурной схемы АСУ .....	37
4. Разработка функциональной схемы АСУ .....	39
5. Выбор оборудования и технических средств АСУ .....	42
5.1. Выбор средств измерения температуры .....	42
5.2. Выбор средств измерения давления.....	43
5.3. Выбор микропроцессорного контроллера.....	44
5.4. Выбор пускового устройства.....	47
5.5. Выбор исполнительного механизма .....	48
6. Разработка принципиальной электрической схемы АСР .....	49
7. Разработка монтажной схемы АСР .....	52
8. Разработка чертежа общего вида щитовой конструкции АСУ .....	54
9. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	56

9.1. Планирование работ и оценка времени их выполнения .....	56
9.2. Смета затрат на проектирование .....	59
9.2.1. Материальные затраты .....	59
9.2.2. Амортизация компьютерной техники.....	59
9.2.3. Затраты на заработную плату .....	60
9.2.4. Отчисления на социальные нужды .....	61
9.2.5. Прочие затраты.....	61
9.2.6. Накладные расходы.....	62
9.3. Смета затрат на оборудование .....	63
10.1. Введение.....	66
10.2. Метеорологические условия в производственных помещениях .....	68
10.3. Производственное освещение.....	69
10.4. Электробезопасность .....	70
10.5. Пожаробезопасность помещения .....	71
10.6. Повышенная запыленность и загазованность .....	72
10.7. Заключение по разделу .....	73
Заключение .....	74
Список используемой литературы .....	75
Приложение А Спецификация приборов и средств автоматизации.....	77

Графический материал:

ФЮРА.421000.002 С1 АСУ температуры сетевой воды. Схема структурная.

ФЮРА.421000.002 С2 АСУ температуры сетевой воды. Схема функциональная

ФЮРА.421000.002 С3 АСУ температуры сетевой воды. Схема электрическая принципиальная.



ФЮРА.421000.002 С4 АСУ температуры сетевой воды. Схема монтажная.

ФЮРА.421000.002 СБ1 АСУ температуры сетевой воды. Общий вид щита управления.

ФЮРА.421000.002 СБ2 АСУ температуры сетевой воды. Общий вид тепловых сетей с. Молчаново Томской области.

## Введение

Одним из важнейших параметров, определяющих качество и безопасность протекания технологических процессов в подавляющем числе отраслей промышленности, является температура.

Главная задача котельных на сегодняшний день заключается не только в предоставлении качественных услуг населению, но и в минимизации затрат топливных ресурсов на производство тепловой энергии. В классических схемах теплоснабжения предполагается, что температура теплоносителя регулируется централизованно. Тепловая энергия поступает в здания независимо от реальной потребности, в соответствии с выполненными проектными расчетами. Вследствие чего нередко наблюдается «перетоп», особенно в осенний и весенний период. Следствием этого является неэффективный расход тепла в тех случаях, когда не предусматривается регулирование теплопотребления на объекте. За счет уменьшения числа перетопов происходит значительное сокращение объема потребляемого топлива.

Цель выпускной квалификационной работы (ВКР) заключается в разработке автоматизированной системы управления параметрами температуры сетевой воды на выходе котельной.

Проектированием структуры АСУ должны решаться задачи [1]:

1. Повышение безопасности и надежности функционирования технологического оборудования за счет повышения точности технологических процессов, исключения человеческого фактора из процессов, влияющих на безопасность.
2. Повышение эффективности эксплуатации производственного комплекса за счет полного использования функциональных возможностей оборудования и оптимизации использования топливных ресурсов.

3. Оптимизация затрат на техническое обслуживание и ремонт оборудования за счет повышения качества и объективности данных о техническом состоянии оборудования.

Принимаемые технические решения должны соответствовать противопожарным, экологическим, санитарно-гигиеническим и другим требованиям и нормам для обеспечения безопасности жизни и здоровья обслуживающего персонала.

## 1. Описание объекта управления

В рамках настоящей работы рассматривается котельная №7 с. Молчаново Томской области. Котельная представляет собой комплекс зданий или сооружений с основным и вспомогательным оборудованием для выработки тепловой энергии. Основное оборудование котельной включает два водогрейных котла марки КВа-0,5Гн и водогрейный котёл КВ-0,93К. Вспомогательное оборудование – насосы подпиточный и сетевой, а также дымосос, дутьевой вентилятор и др. Подробная информация о структуре основного и вспомогательного оборудования представлена в таблицах 1.1 и 1.2 соответственно.

Таблица 1.1 – Структура основного оборудования котельных с. Молчаново

Наименование котельной	Наименование оборудования	Марка оборудования	Количество агрегатов, шт
Котельная № 7 «Промышленная»	Котел водогрейный	КВа-0,5 Гн	2
	Котел водогрейный	КВ-0,93 К	1

В состав основного оборудования входят водогрейные котлы с трубопроводной системой, оснащенной насосом, блочные горелки с принудительной подачей воздуха. Котельная расположена в одноэтажном здании. В зоне действия котельной расположены жилые и общественно-деловые строения. Жилой отапливаемый фонд включает в себя жилые индивидуальные и многоквартирные дома, общественно-деловые строения – здания администрации, школы, детского сада, ФАПа, почты и другие.

Прокладка тепловых сетей, в основном, надземная и подземная канальная. Общая протяженность тепловых сетей в двухтрубном исполнении составляет 3,26 км.

Таблица 1.2 – Структура вспомогательного оборудования котельных с. Молчаново

№ п/п	Наименование оборудования	Марка оборудования	Количество агрегатов, шт
1	Насос циркуляционный водогрейного котла	WILO TOP S-50/7	2
2	Насос циркуляционный водогрейного котла	GRUNDFOS UPS 50-120 F model C PC.0545	2
3	Насосы сетевые 1 контура	GRUNDFOS UPS 80-120 F model C PC.0524	2
4	Насосы сетевые 2 контура	GRUNDFOS UPS 65-460/2 A-F-A-BAQE	1
5	Насос подпиточный	GRUNDFOS CR 5-5 A-F-GJ-A-E-HQQE	3
6	Насос регенерации XBO	K 50-32-125	2
7	Насос-дозатор XBO	TEKNA DPZ 601	1

ВКР предусматривает разработку функциональной, принципиальной, электрической, структурной и монтажной схем автоматизации, разработка заказной спецификации по оборудованию, гидравлический расчёт котельной. Регулирование температуры теплоносителя проводится следующим образом: требуемая температура сетевой воды в подающем трубопроводе системы отопления достигается путём подмеса обратной воды из отопительной системы в соответствии с температурным графиком. Информация о значениях измеряемых параметров, а также сведения о работе системы управления передаются на автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора. Оператор отслеживает изменение таких параметров, как: отклонение температуры теплоносителя в месте регистрации относительно датчика температуры, отклонение температуры теплоносителя относительно уставки температурного графика, отклонение давления теплоносителя относительно установленного гидравлического режима и отклонение расхода теплоносителя в прямом и обратном трубопроводах.

Таблица 1.3 – Параметры тепловой мощности основного оборудования котельной №7

Наименование котельной	Наименование и марка оборудования	КПД котла, %	Расход на собственные нужды, Гкал/ч	Тепловая мощность нетто, Гкал/ч
Котельная № 7 «Промышленная»	Котел водогрейный КВа-0,5 Гн	89,8–90,6	0,0019	0,43
	Котел водогрейный КВ-0,93 К <sup>2</sup>	Нет данных		0,8
Итого установленная тепловая мощность котельной № 7				2,09

Главная задача при эксплуатации котельных агрегатов заключается в достижении равенства между потребляемой и производимой энергией с учетом всех потерь. Задача управления технологическим процессом сводится в основном к поддержанию материального и энергетического баланса, при этом необходимо обеспечивать стационарность работы котлоагрегата [2].

Система автоматизированного управления водогрейным котлом предназначена для поддержания температуры сетевой воды на выходе из котла, которая должна соответствовать принятому температурному графику, зависящему от температуры наружного воздуха. В таблице 1.4 представлены параметры располагаемой мощности источника теплоснабжения.

Таблица 1.4 – Параметры располагаемой тепловой мощности

Наименование котельной	Установленная тепловая мощность, Гкал/ч	Ограничения тепловой мощности, Гкал/ч	Располагаемая тепловая мощность, Гкал/ч	Собственные нужды, Гкал/ч
Котельная № 7 «Промышленная»	2,09	0,00	2,09	0,0019

Собственные нужды котельной включают в себя расход на растопку котлов, расход тепла на отопление помещений котельной, расход тепла на хозяйственно-бытовые нужды, а также включает в себя прочие потери [3].

## 2. Гидравлический расчёт системы теплоснабжения

### 2.1. Характеристика системы теплоснабжения

Общая протяженность тепловых сетей составляет 3265 метров. Большую часть составляют трубы с условным диаметром 80 мм, наименьшую протяженность тепловых сетей составляют трубопроводы с условным диаметром 25 мм.

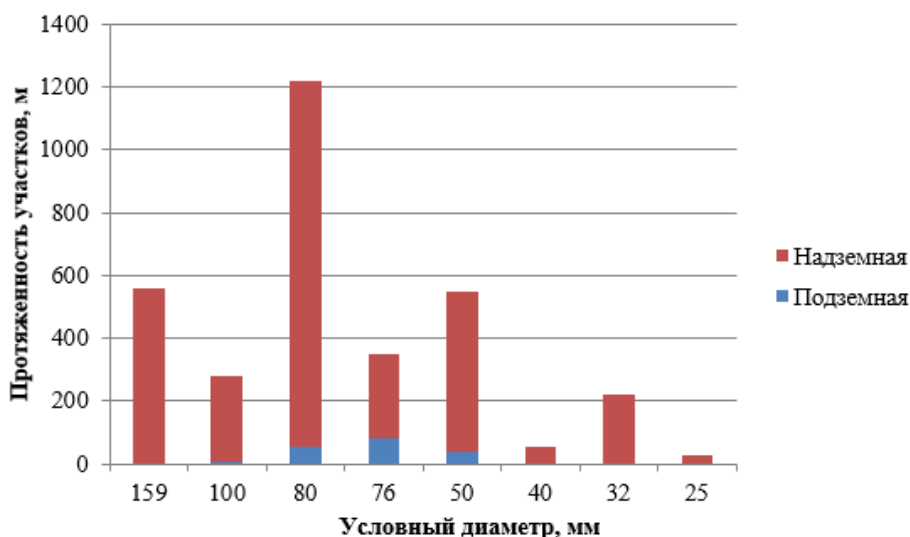


Рисунок 2.1 – Структура тепловых сетей от котельной № 7 «Промышленная»

В таблице 2.1 представлены параметры тепловых сетей котельной.

Таблица 2.1 – Параметры тепловых сетей котельной № 7 «Промышленная»

Условный диаметр, мм	Длина участков в двухтрубном исполнении, м	Тип изоляции	Год прокладки
25	30	СТД	2005
32	220	СТД	2005
40	55	СТД	2005
50	550	СТД	2005
76	350	СТД	2005
80	1220	СТД	2005
100	280	СТД	2005
159	560	СТД	2005

СТД – стандартные плиты (маты) минераловатные

Все тепловые сети котельной построены в 2005 г., их изоляция выполнена минераловатными плитами.

Расчетная температура наружного воздуха для системы отопления в с. Молчаново составляет  $-41^{\circ}\text{C}$ , температура для системы вентиляции составляет  $-25^{\circ}\text{C}$ . Отопительный сезон составляет 239 дней. В отопительном

периоде средняя температура наружного воздуха - 9,1 °С, а средняя величина скорости ветра в отопительный период 4,0 м/с [4]. Режим регулирования отпуска тепла осуществляется по графику качественного регулирования с расчетными температурами сетевой воды 80/65 °С (рисунок 2.2)

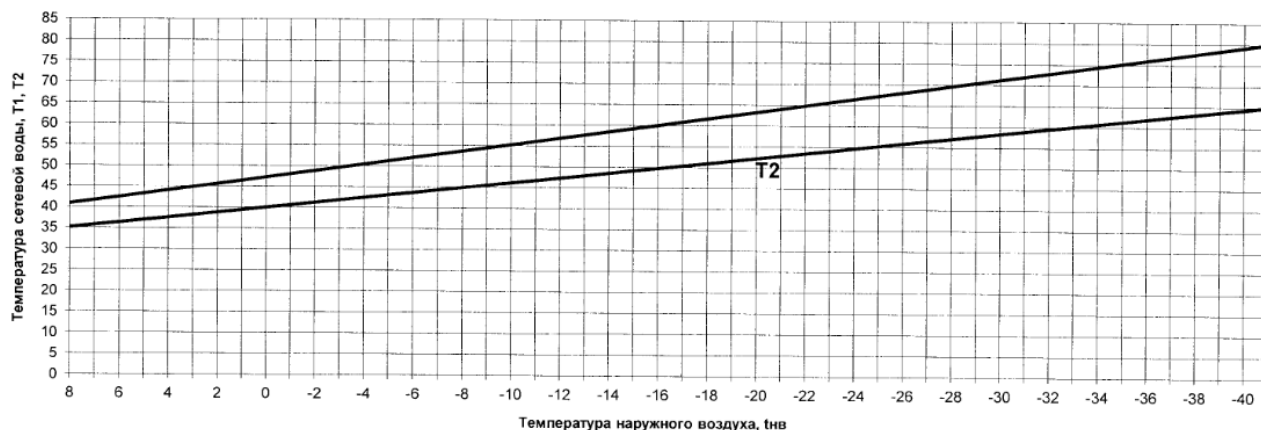


Рисунок 2.2 – Температурный график отпуска тепловой энергии для котельной № 7 «Промышленная»

Температурный график выбирается исходя из требований к максимально возможной температуре теплоносителя в системе отопления, а также с учетом наличия (или отсутствия) на вводах у потребителей температурных регуляторов.

Зона действия котельной № 7 «Промышленная» с. Молчаново распространяется на жилые и общественно-деловые строения, расположенные в с. Молчаново, производственных объектов, находящихся в зоне действия котельной, нет.

Схема тепловых сетей представлена на рисунке 2.3.



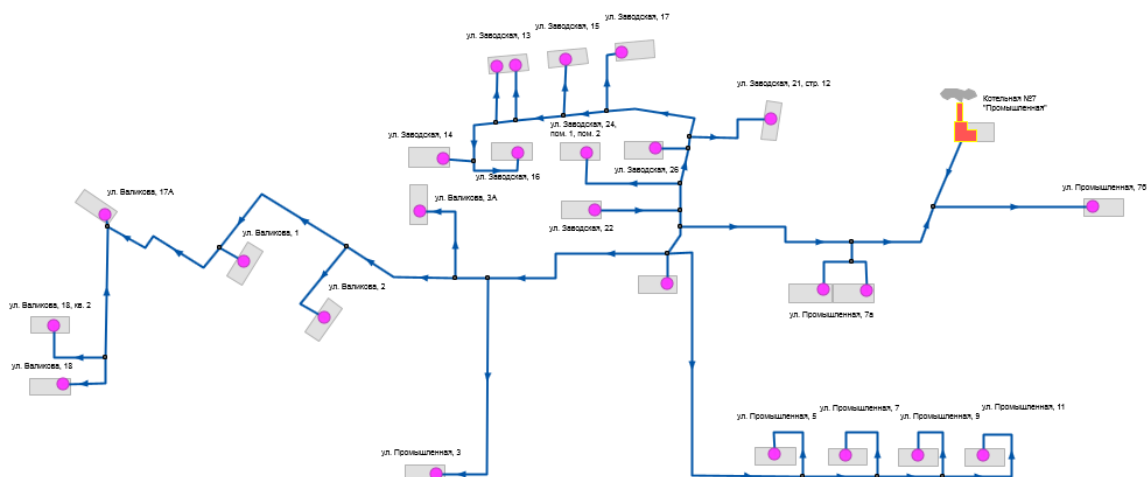


Рисунок 2.3 – Схема тепловых сетей с. Молчановой котельной №7

## 2.2. Алгоритм выполнения гидравлического расчёта

Гидравлический расчёт проводится в программно-расчетном комплексе ZuluThermo. В данном разделе представлены формулы, используемые программой.

### 2.2.1. Определение расчетных расходов теплоносителя

Расчетный расход сетевой воды на систему отопления (т/ч), присоединенную по зависимой схеме, можно определить по формуле:

$$G_{c.p.} = \frac{Q_{o.p.} \cdot 1000}{c \cdot (\tau_{1.p.} - \tau_{2.p.})}, \quad (2.1)$$

- где  $Q_{o.p.}$  – расчетная нагрузка на систему отопления, Гкал/ч;
- $\tau_{1.p.}$  – температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети при расчетной температуре наружного воздуха при проектировании отопления, °C ;
- $\tau_{2.p.}$  – температура воды в обратном трубопроводе тепловой сети при расчетной температуре наружного воздуха при проектировании отопления, °C .

Расчетный расход воды в системе отопления определяется из выражения:

$$G_{c.o.p.} = \frac{Q_{o.p.} \cdot 1000}{c \cdot (\tau_{3.p.} - \tau_{2.p.})}, \quad (2.2)$$

- $\tau_{3.p.}$  – температура воды в подающем трубопроводе системы отопления при расчетной температуре наружного воздуха при проектировании отопления, °C.

Относительный расход сетевой воды  $G_{отн.}$  на систему отопления:

$$G_{отн.} = \frac{G_{c.}}{G_{c.p.}} \quad (2.3)$$

- где  $G_{c.}$  – текущее значение сетевого расхода на систему отопления, т/ч.

Относительный расход тепла  $Q_{отн.}$  на систему отопления:

$$Q_{отн.} = \frac{Q_{o.}}{Q_{o.p.}} \quad (2.4)$$

- где  $Q_{o.}$  – текущее значение расхода теплоты на систему отопления, Гкал/ч;
- $Q_{o.p.}$  – расчетное значение расхода теплоты на систему отопления, Гкал/ч.

Расчетный расход теплоносителя, в системе отопления присоединенный по независимой схеме:

$$G_{c.o.} = \frac{Q_{o.p.} \cdot 1000}{c \cdot (t_{1.p.} - t_{2.p.})}, \quad (2.5)$$

- где  $t_{1.p.}$  и  $t_{2.p.}$  – расчетная температура нагреваемого теплоносителя, соответственно на выходе и входе в теплообменный аппарат, °C.

### 2.2.2. Определение скорости, потери напора, сопротивления

Потери напора на участке трубопровода определяются по формуле:

$$\Delta H_{\text{уч.}} = \lambda \cdot \frac{l_{\text{уч.}}}{d_{\text{уч.}}} \cdot \frac{V_{\text{уч.}}^2}{2g}, \quad (2.6)$$

где  $\lambda$  – коэффициент гидравлического сопротивления.

Коэффициент гидравлического сопротивления может быть определен по формуле Колбрука-Уайта:

$$\lambda = \left[ -2 \cdot \lg \left( \frac{2,51}{\text{Re} \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{k_{\text{эк}}}{3,7 \cdot d_{\text{вн}}} \right) \right]^{-2}, \quad (2.7)$$

Или по формуле А.Д. Альтшуля:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left( \frac{k_{\text{эк}}}{d_{\text{вн}}} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25} \quad (2.8)$$

Потери напора на потребителях определяются по формуле:

$$\Delta H_{\text{пот}} = S_{\text{пот}} \cdot G_{\text{пот}}^2, \quad (2.9)$$

- где  $S_{\text{пот}}$  – сопротивление потребителя, м/(т/ч)<sup>2</sup>.

Сопротивление элеваторного узла определяется по формуле:

$$S_{\text{эл}} = \left( \frac{9,6}{d_c} \right)^4 \quad (2.10)$$

### 2.2.3. Расчет итоговых значений

Объем воды в подающем и обратном трубопроводе определяется суммированием объема воды по всем участкам сети.

$$V_i = L_i \cdot D_i^2 \cdot \frac{\pi}{4}, \quad (2.11)$$

- где  $L_i$  – длина участка, м;
- $D_i$  – диаметр подающего (обратного) трубопровода, м.

Расчетная нагрузка на отопление определяется суммированием расчетных нагрузок на отопление по каждому потребителю.

Объем внутренних систем теплоснабжения рассчитывается исходя из следующей зависимости:

$$V_{\text{сист}} = Q_{\text{сист}} \cdot v, \quad (2.12)$$

- где  $Q_{\text{сист}}$  – расчетная тепловая нагрузка системы теплоснабжения, Гкал/ч;
- $v$  – удельный объем воды, принимаемый в зависимости от вида основного теплоснабжающего оборудования, м<sup>3</sup>/Гкал.

Значения удельного объема воды в системе отопления при различных перепадах температур представлены в таблице 2.2. Таблица 2.2 – Зависимость удельного объема воды в системе отопления от перепада температуры

V, м <sup>3</sup> · ч / Гкал	Перепад температур в системе теплоснабжения, °C					
	95-70	110-70	130-70	140-70	150-70	180-70
	31	28,2	24,2	23,2	21,6	18,2

Суммарный объем воды в системе представляет собой суммарный объем в подающем, обратном трубопроводе и объем воды внутренних систем теплоснабжения.

#### 2.2.4. Учет утечек из систем теплоснабжения

Величина непроизводительной нормативной часовой утечки из системы теплоснабжения определяется по формуле:

$$\Delta G_{\text{ут.сис}} = \alpha \cdot V_{\text{сис}}, \quad (2.13)$$

- $\alpha$  – удельный объем воды, принимаемый в зависимости от вида основного теплоснабжающего оборудования, м<sup>3</sup>/Гкал,
- $V_{\text{сис}}$  – объем системы теплоснабжения, м<sup>3</sup>.

При отсутствии в проекте данных об объеме внутренних систем теплоснабжения, а также случаев, когда установленное оборудование не соответствует проекту объем системы можно определить по следующей зависимости:

$$V_{\text{сис}} = Q_{\text{сис}} \cdot v, \quad (2.14)$$

- $Q_{\text{сис}}$  – расчетная тепловая нагрузка системы теплоснабжения, Гкал/ч;
- $v$  – удельный объем воды, принимаемый в зависимости от вида основного теплоснабжающего оборудования, м<sup>3</sup>·ч/Гкал.

#### 2.2.5. Расчет утечек на участках тепловой сети

Величина произвольной нормативной часовой утечки из подающего и обратного трубопровода тепловой сети определяется по формуле:

$$\Delta G_{\text{ут.тр.}} = \alpha \cdot V_{\text{тр.}} \cdot \rho \cdot 10^{-3}, \quad (2.15)$$

- $\alpha$  – нормируемая утечка сетевой воды, (м<sup>3</sup>·ч)/м<sup>3</sup>;
- $V_{\text{тр.}}$  – объем сетевой воды в трубопроводе тепловой сети, м<sup>3</sup>;
- $\rho$  – плотность воды, определяемая при средней температуре теплоносителя на входе и выходе из участка тепловой сети, кг/м<sup>3</sup>.

Объем трубопровода тепловой сети определяется по формуле:

$$V_{\text{тр}} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot L, \quad (2.16)$$

- $D$  – диаметр трубопровода, м;
- $L$  – длина трубопровода, м.

Средняя температура теплоносителя определяется по формуле:

$$\tau_{\text{ср.}} = \frac{(\tau_{\text{вх}} + \tau_{\text{вых}})}{2}, \quad (2.17)$$

- где  $\tau_{\text{вх}}$  – температура теплоносителя на входе участка тепловой сети, °С ;
- $\tau_{\text{вых}}$  – температура теплоносителя на выходе участка тепловой сети, °С .

### 2.3. Результаты гидравлического расчёта

Гидравлический расчет представлен в таблице 2.2. В таблице отражены сведения о длинах и диаметрах трубопровода, потерях напора на участках, а так же скорость движения теплоносителя. Для анализа работы теплоснабжения и определения расчетных напоров в тепловой сети котельной используются пьезометрические графики. Пьезометрический график представляет собой графическое изображение напоров в тепловой сети относительно местности, на которой она проложена. Расчёты пьезометрических графиков основываются на результатах гидравлического расчета тепловой сети, так как уклоны в линии подачи, и в линии обратного трубопровода характеризуют падение давления в теплосети. И чем больше цифровые значения падения давления, тем круче линия графика давления. Линия давлений обратного трубопровода пьезометрического графика должна быть достаточно высокой, это говорит о наполнении местных систем теплоснабжения зданий.

Рассмотрим полученные пьезометрические графики. На рисунках 2.4, 2.6, 2.8, 2.10 представлен путь от котельной до самых удаленных потребителей. Для каждого участка пути построены пьезометрические графики (рисунок 2.5, 2.7, 2.9, 2.11). На каждом из них видно, что не происходит пересечение напорной линии прямого и обратного трубопровода и существует значительный перепад. Потери в скорости или линейные потери минимальны. Температура в зданиях потребителей поддерживается в установленных нормах [4].

Таблица 2.3 – Результаты гидравлических расчетов тепловых сетей котельной №7 с. Молчаново Томской области.

Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Внешний диаметр трубопровода, м	Вид прокладки тепловой сети	Расход воды в подающем трубопроводе, т/ч	Расход воды в обратном трубопроводе, т/ч	Потери напора в подающем трубопроводе, м	Потери напора в обратном трубопроводе, м	Удельные линейные потери напора в под.тр-де, мм/м	Удельные линейные потери напора в обр.тр-де, мм/м	Скорость движения воды в под.труде, м/с	Скорость движения воды в под.труде, м/с
Котельная	У-1	49	0,159	Надземная	61,938	-61,938	0,417	0,417	8,102	8,102	0,889	-0,889
У-1	ЖД ул. Промышленная, 76	181	0,1	Надземная	11,51	-11,51	0,607	0,607	3,332	3,332	0,418	-0,418
У-5	У-6	63	0,08	Подземная канальная	5,603	-5,603	0,167	0,167	2,615	2,615	0,318	-0,318
У-6	ЖД ул. Заводская, 24	55	0,032	Подземная канальная	0,506	-0,506	0,166	0,166	3	3	0,179	-0,179
У-6	У-7	142	0,076	Подземная канальная	5,097	-5,097	0,408	0,311	2,847	2,168	0,32	-0,29
У-7	Прачечная, ул. Заводская, 22	4	0,032	Подземная канальная	0,569	-0,569	0,016	0,016	3,783	3,783	0,202	-0,202
У-7	У-8	65	0,076	Подземная канальная	4,528	-4,528	0,148	0,148	2,252	2,252	0,284	-0,284
У-8	Ул. Заводская, 21, стр.12	16	0,025	Подземная канальная	0,316	-0,316	0,074	0,074	4,475	4,475	0,184	-0,184
У-9	ЖД, ул. Заводская, 17	12	0,032	Надземная	0,354	-0,354	0,018	0,018	1,49	1,49	0,125	-0,125
У-9	У-10	42	0,05	Надземная	3,858	-3,858	0,651	0,651	15,314	15,314	0,56	-0,56



Продолжение таблицы 2.3

Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Внешний диаметр трубопровода, м	Вид прокладки тепловой сети	Расход воды в подающем трубопроводе, т/ч	Расход воды в обратном трубопроводе, т/ч	Потери напора в подающем трубопроводе, м	Потери напора в обратном трубопроводе, м	Удельные линейные потери напора в под.тр-де, мм/м	Удельные линейные потери напора в обр.тр-де, мм/м	Скорость движения воды в под.труде, м/с	Скорость движения воды в под.труде, м/с
У-10	ЖД, ул. Заводская, 15	8	0,032	Надземная	1,202	-1,202	0,137	0,137	16,605	16,605	0,426	-0,426
У-10	У-11	42	0,05	Надземная	2,656	-2,656	0,31	0,31	7,295	7,295	0,385	-0,385
У-11	ЖД, ул. Заводская, 13	6	0,025	Надземная	0,506	-0,506	0,07	0,07	11,318	11,318	0,294	-0,294
У-11	У-12	42	0,05	Надземная	2,15	-2,15	0,204	0,204	4,798	4,798	0,312	-0,312
У-12	ЖД, ул. Заводская, 13	6	0,025	Надземная	0,443	-0,443	0,054	0,054	8,692	8,692	0,257	-0,257
У-12	У-13	109	0,05	Подземная канальная	1,707	-1,707	0,333	0,333	3,04	3,04	0,248	-0,248
У-13	ЖД, ул. Заводская, 14	21	0,032	Подземная канальная	1,201	-1,201	0,353	0,353	16,597	16,597	0,426	-0,426
У-13	ЖД, ул. Заводская, 16	22	0,032	Подземная канальная	0,506	-0,506	0,069	0,067	3	3	0,179	-0,179
У-4	У-14	51	0,159	Подземная канальная	33,264	-33,264	0,128	0,128	2,351	2,351	0,477	-0,477
У-14	У-15	469	0,08	Надземная	13,217	-13,217	6,782	6,782	14,389	14,389	0,749	-0,749
У-15	ЖД ул. Промышленная, 5	37	0,05	Надземная	3,288	-3,288	0,419	0,418	11,15	11,15	0,477	-0,477
У-15	У-16	56	0,08	Надземная	9,928	-9,928	0,456	0,456	8,141	8,141	0,563	-0,563

Продолжение таблицы 2.3

Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Внешний диаметр трубопровода, м	Вид прокладки тепловой сети	Расход воды в подающем трубопроводе, т/ч	Расход воды в обратном трубопроводе, т/ч	Потери напора в подающем трубопроводе, м	Потери напора в обратном трубопроводе, м	Удельные линейные потери напора в под.тр-де, мм/м	Удельные линейные потери напора в обр.тр-де, мм/м	Скорость движения воды в под.труде, м/с	Скорость движения воды в под.труде, м/с
У-16	ЖД ул. Промышленная, 7	35	0,05	Надземная	3,288	-3,228	0,397	0,397	11,15	11,15	0,477	-0,477
У-16	У-17	49	0,08	Надземная	6,639	-6,639	0,179	0,179	3,661	3,661	0,376	-0,376
У-17	ЖД ул. Промышленная, 9	36	0,05	Надземная	3,288	-3,228	0,408	0,407	11,149	11,149	0,477	-0,477
У-17	ЖД ул. Промышленная, 11	84	0,05	Надземная	3,351	-3,351	0,987	0,987	11,578	11,578	0,486	-0,486
У-14	У-18	146	0,159	Надземная	20,048	-20,048	0,131	0,131	0,861	0,861	0,288	-0,288
У-18	У-19	10	0,15	Надземная	13,597	-13,597	0,005	0,005	0,543	0,543	0,219	-0,219
У-19	Детский сад, ул. Валикова, 3А	24	0,08	Подземная канальная	4,933	-4,933	0,051	0,051	2,032	2,032	0,28	-0,28
У-20	ЖД ул. Валикова, 1	2	0,025	Подземная канальная	0,506	-0,506	0,023	0,023	11,32	11,32	0,294	-0,294

Продолжение таблицы 2.3

Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Внешний диаметр трубопровода, м	Вид прокладки тепловой сети	Расход воды в подающем трубопроводе, т/ч	Расход воды в обратном трубопроводе, т/ч	Потери напора в подающем трубопроводе, м	Потери напора в обратном трубопроводе, м	Удельные линейные потери напора в под.тр-де, мм/м	Удельные линейные потери напора в обр.тр-де, мм/м	Скорость движения воды в под.труде, м/с	Скорость движения воды в под.труде, м/с
У-22	Баня, ул. Валикова, 18	12	0,025	Подземная канальная	0,063	-0,063	0,001	0,001	0,089	0,089	0,037	-0,037
У-22	ЖД, ул. Валикова, 18	8	0,05	Подземная канальная	0,379	-0,379	0,001	0,001	0,162	0,162	0,055	-0,055
У-19	У-23	99	0,1	Надземная	8,664	-8,664	0,189	0,192	1,897	1,897	0,314	-0,314
У-23	ЖД, ул. Валикова, 2	134	0,05	Надземная	5,06	-5,06	3,536	3,534	26,272	26,272	0,734	-0,734
У-23	У-20	93	0,08	Надземная	3,605	-3,605	0,103	0,103	1,093	1,093	0,204	-0,204
У-18	ЖД, ул. Промышленная, 3	414	0,08	Надземная	6,45	-6,45	1,435	1,434	3,457	3,457	0,366	-0,366
У-1	У-2	192	0,159	Надземная	50,428	-50,428	1,041	1,041	5,379	5,379	0,724	-0,724
У-2	У-3	4	0,1	Надземная	10,625	-10,625	0,011	0,011	2,843	2,843	0,385	-0,385
У-3	ЖД, ул. Промышленная, 7а	31	0,05	Подземная канальная	3,162	-3,162	0,325	0,325	10,313	10,313	0,459	-0,459
У-3	ЖД, ул. Промышленная, 7а	31	0,08	Подземная канальная	7,463	-7,463	0,148	0,148	4,617	4,617	0,423	-0,423
У-2	У-4	112	0,159	Надземная	39,803	-39,803	0,396	0,396	3,359	3,359	0,571	-0,571

Продолжение таблицы 2.3

Наименование начала участка	Наименование конца участка	Длина участка, м	Внешний диаметр трубопровода, м	Вид прокладки тепловой сети	Расход воды в подающем трубопроводе, т/ч	Расход воды в обратном трубопроводе, т/ч	Потери напора в подающем трубопроводе, м	Потери напора в обратном трубопроводе, м	Удельные линейные потери напора в под.тр-де, мм/м	Удельные линейные потери напора в обр.тр-де, мм/м	Скорость движения воды в под.труде, м/с	Скорость движения воды в под.труде, м/с
У-8	Смена диаметра 1	143	0,076	Подземная канальная	4,212	-4,212	0,281	0,281	1,951	1,951	0,265	-0,265
Смена диаметра 1	У-9	31	0,05	Подземная канальная	4,212	-4,212	0,569	0,569	18,238	18,238	0,611	-0,611
У-20	У-21	55	0,04	Надземная	3,01	-3,01	1,851	1,851	32,844	32,844	0,703	-0,703
У-21	Смена диаметра 2	70	0,032	Надземная	0,443	-0,443	0,162	0,162	2,308	2,308	0,157	-0,157
У-21	Здание, ул. Валикова 17А	1	0,025	Подземная канальная	2,656	-2,656	0,307	0,307	306,807	306,807	1,524	-1,542
Смена диаметра 2	У-22	70	0,076	Подземная канальная	0,443	-0,443	0,002	0,002	0,025	0,025	0,028	-0,028
У-4	У-5	11	0,08	Надземная	6,54	-6,54	0,042	0,042	3,551	3,551	0,371	-0,371
У-5	ЖД, ул. Заводская, 22	25	0,022	Надземная	0,935	-0,935	1,932	1,932	76,791	76,791	0,701	-0,701

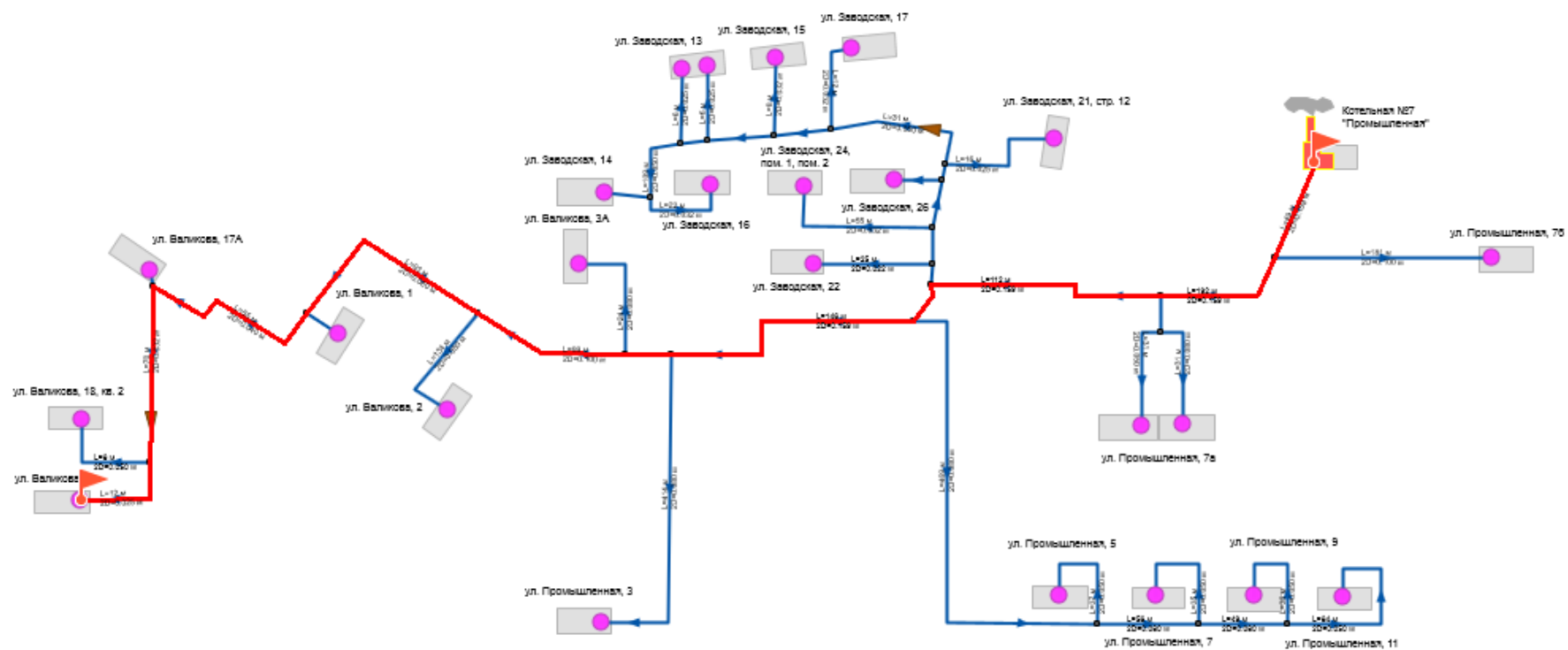


Рисунок 2.4 – Путь «Котельная – жилой дом ул. Валикова, 18»

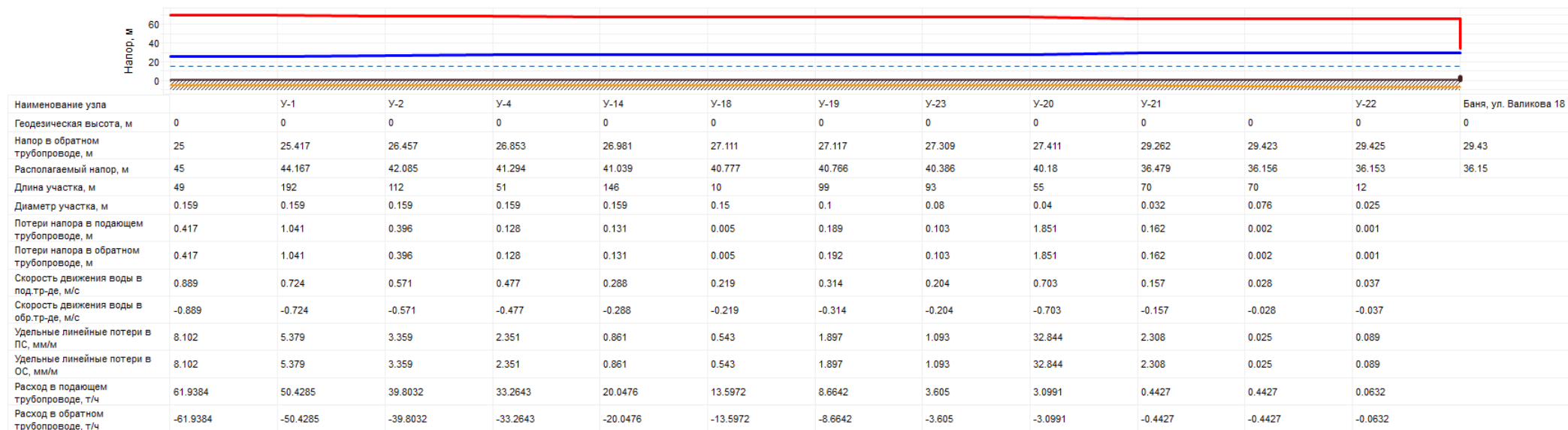


Рисунок 2.5 – Пьезометрический график на участке «Котельная – жилой дом, ул. Валикова, 18»

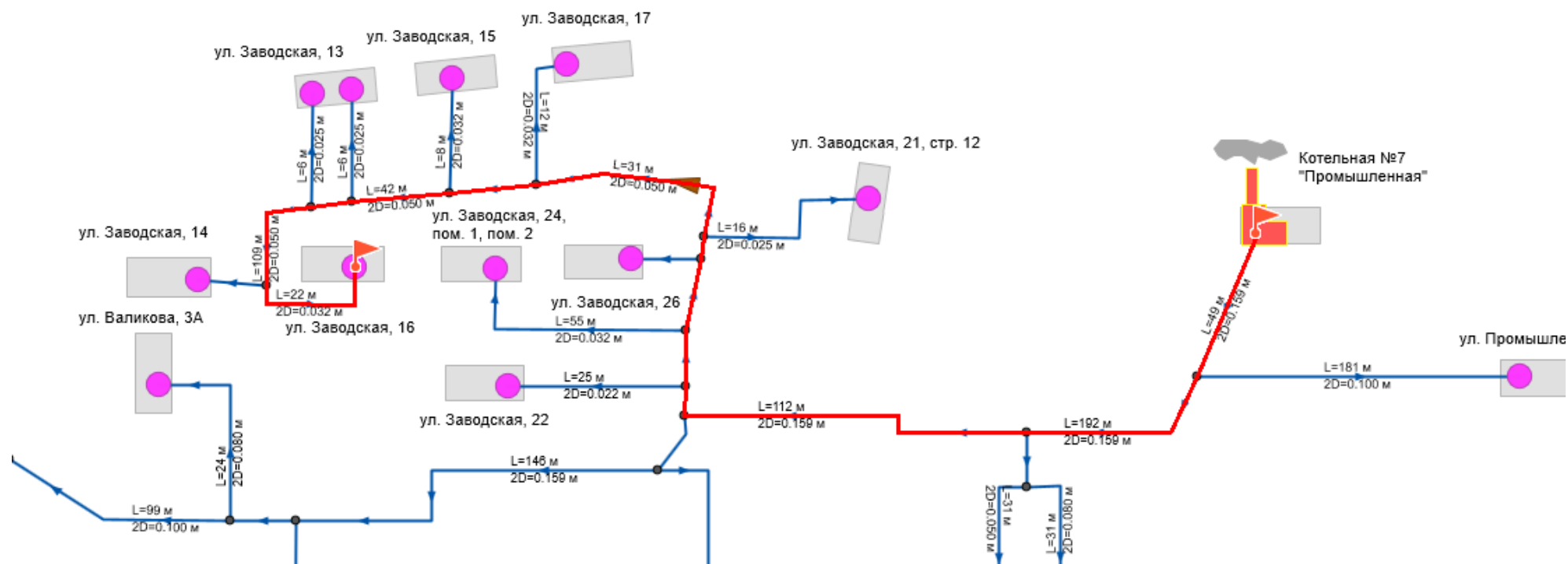


Рисунок 2.6 – Путь «Котельная – жилой дом ул. Заводская,16»

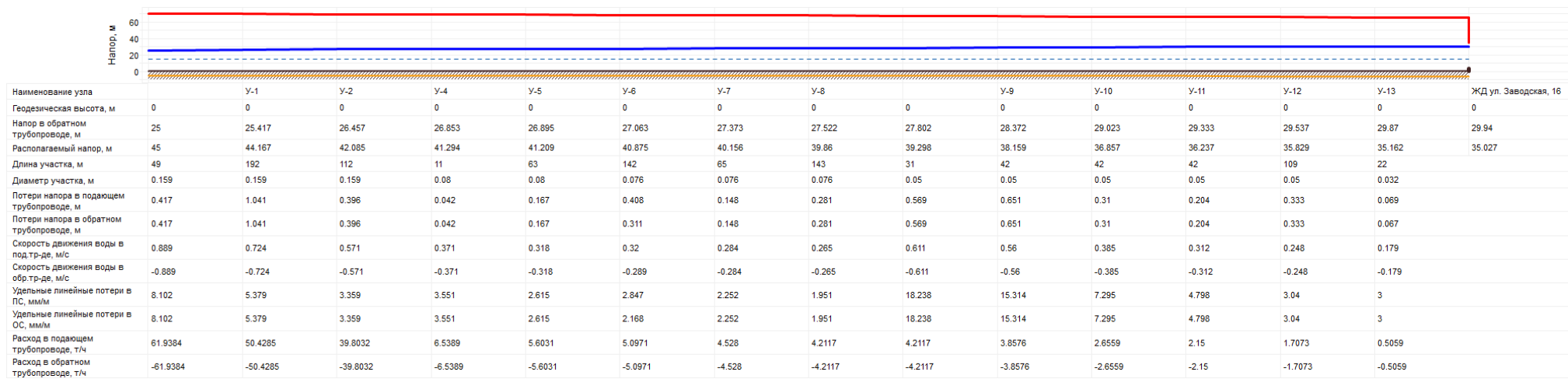


Рисунок 2.7 – Пьезометрический график на участке «Котельная – жилой дом, ул. Заводская,16»



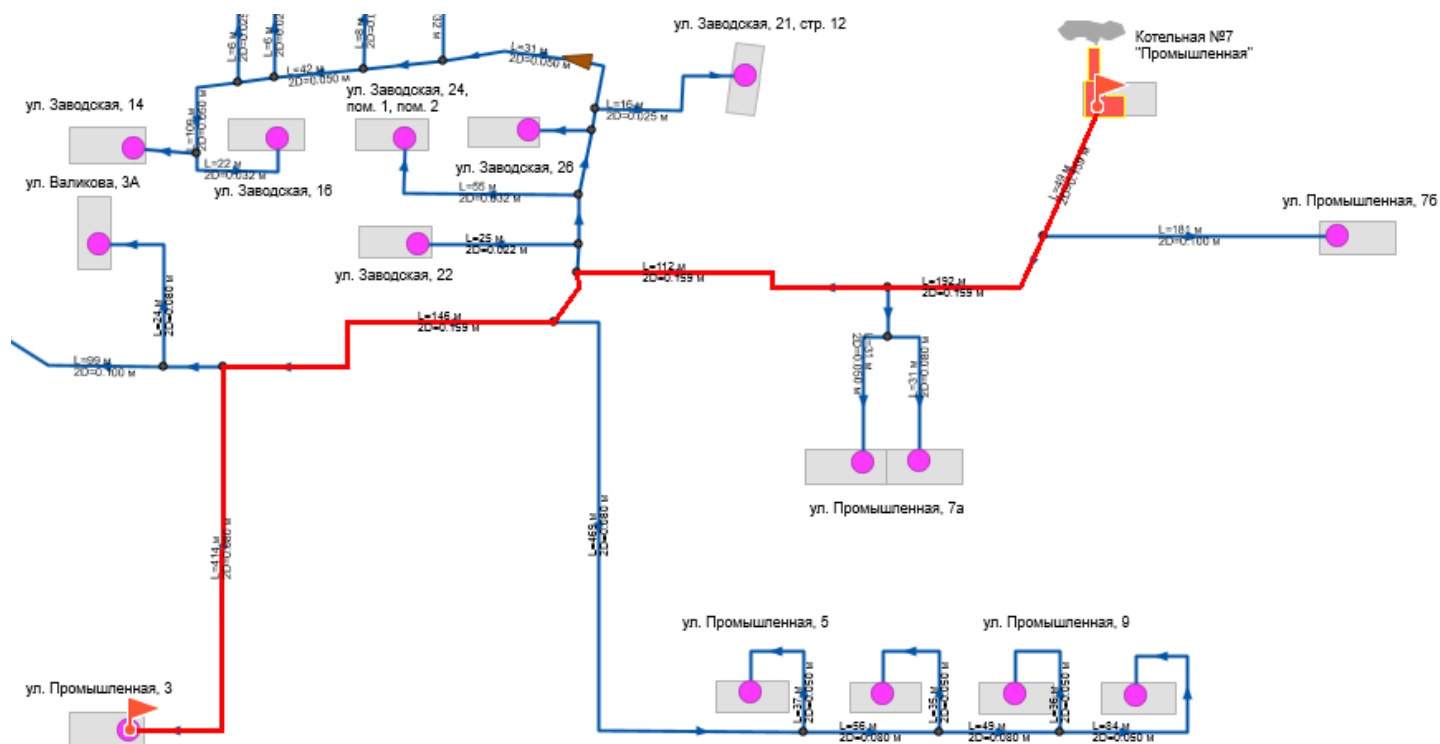


Рисунок 2.8 – Путь «Котельная – жилой дом ул. Промышленная, 3»

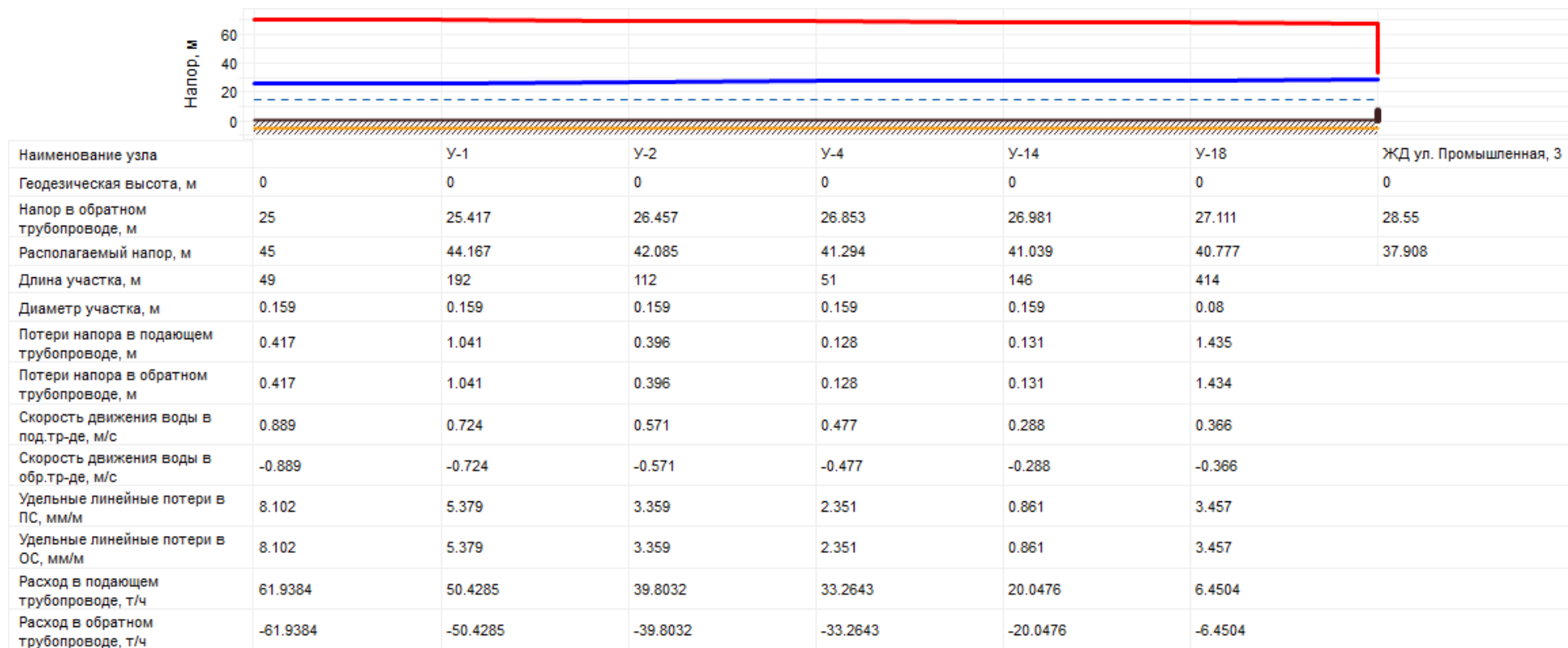


Рисунок 2.9 – Пьезометрический график на участке «Котельная – жилой дом, ул. Промышленная, 3»



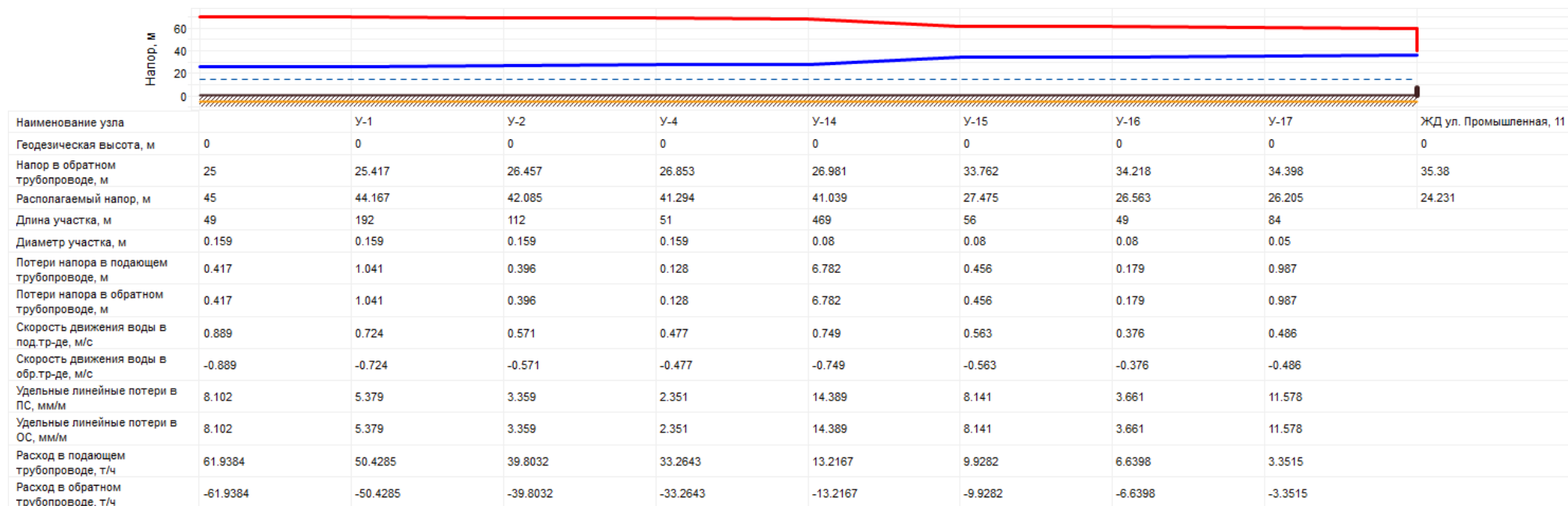


Рисунок 2.11 – Пьезометрический график на участке «Котельная – жилой дом, ул. Промышленная, 11»

### 3. Разработка структурной схемы АСУ

АСУ должна представлять собой многоуровневую человеко-машинную распределенную структуру и содержать в своем составе подсистемы, реализующие информационные, управляющие и вспомогательные функции, обеспечивающие экономичную и надежную работу оборудования во всех режимах его эксплуатации [5]. При реализации проекта должен реализоваться принцип однократного ввода сигнала и многократного его использования, как информационными задачами, так и задачами управления. Исключением из этого правила являются технологические защиты, где ввод информации осуществляется больше, чем один раз, в соответствии с алгоритмами защит. При разработке проекта системы автоматизированного управления технологическим процессом необходимо решить следующие задачи [5]:

- размещение оборудования системы управления;
- обеспечение связи между объектом и оператором.

В отопительно-производственных котельных, где для нужд отопления устанавливаются подогревательные установки, для поддержания температуры воды в теплосети в соответствии с отопительным графиком необходимо предусматривать регулятор температуры.

К разрабатываемой системе предъявляются особые требования для технического обеспечения:

- обеспечение высокой надежности и экономичности работы оборудования;
- обеспечение приемлемой экологической безопасности;
- снижение влияния человеческого фактора;
- малая стоимость монтажных и эксплуатационных работ;
- система должна быть основана на микропроцессорной технике;

- необходимость осуществления постоянного регулирования для обеспечения автоматического поддержания значений технологических параметров на заданном уровне.

На структурной схеме отображаются в общем виде основные решения проекта по функциональной, организационной и технической структурам автоматической системы регулирования. Осуществляется соблюдение иерархии системы и взаимосвязей между пунктами контроля и управления, оперативным персоналом и технологическим объектом управления [6]. В настоящее время в автоматических системах регулирования применяются микропроцессорные контроллеры, позволяющие выполнять множество функций, в том числе и дифференцирование. Кроме того, в проектируемой системе возможно использование датчиков температуры с унифицированным выходным сигналом. В ручном режиме возможно управление параметрами через SCADA. Нижний (или полевой) уровень представлен термопреобразователями сопротивления для измерения температуры сетевой воды, температуры наружного воздуха, температуры сетевой воды после котла, датчиком давления топлива, исполнительным механизмом и регулирующим органом. Структура управления включает в себя все элементы автоматизированной системы управления, на которые она поделена, например, каналы для передачи воздействий. Эффективность работы зависит от выбранной структуры управления объектом. Структурная схема автоматизированной системы управления температуры сетевой воды представлена на листе ФЮРА.421000.002С1.

#### 4. Разработка функциональной схемы АСУ

Функциональные схемы систем автоматизации технологических процессов представляют собой основные технические документы, которые определяют структуру и характер как системы в целом, так и отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащения их приборами и средствами автоматизации [6].

При разработке функциональных схем автоматизации следует учитывать некоторые правила [1]:

- необходимо предусматривать возможность увеличения функций управления. Уровень автоматизации технологического процесса должен планироваться исходя из перспектив модернизации;
- необходимо учитывать специфику технологического процесса: вид и характер, физико-химические свойства рабочей среды, токсичность, расстояния от датчиков и устройств;
- система автоматизации технологических процессов должна основываться на базе серийно выпускаемых средств автоматизации и вычислительной техники. Преимущественное применение однотипных средств автоматизации объясняется простотой сочетания, взаимозаменяемостью и удобством компоновки на щитах управления; Использование однотипной аппаратуры дает значительные преимущества при монтаже, наладке, эксплуатации, обеспечении запасными частями;
- количество приборов, аппаратуры управления и сигнализации должно быть обосновано. Избыток аппаратуры усложняет эксплуатацию, отвлекает внимание персонала от наблюдения за основными приборами, увеличивает стоимость установки и сроки монтажных и наладочных работ. Приборы и средства вспомогательного назначения целесообразно размещать на отдельных щитах, располагаемых в

производственных помещениях вблизи технологического оборудования [1].

Разработанная функциональная схема автоматизации позволяет приобрести первичную информацию о состоянии технологического процесса.

При разработке функциональной схемы на основе выбранной структуры АСУ температуры сетевой воды теплосети выполнено:

- выбраны методы измерения температуры: измерение температуры теплоносителя проводится с помощью термопреобразователя;
- определены точки отбора измерительной информации в технологическом процессе;
- установлены предельные рабочие значения параметров процесса;
- изучены аналоги автоматизированных систем регулирования температуры воды;
- выбраны места оптимального размещения технических средств автоматизации.

При разработке функциональной схемы необходимо упрощенно изображать технологическое оборудование и коммуникации. Схема должна чётко отображать принцип работы и взаимодействие технических средств. На технологических трубопроводах указывают регулируемую и запорную арматуру, которая участвует в управлении процессом. Вспомогательные трубопроводы обозначаются лишь в случаях механического присоединения или взаимодействия со средствами автоматизации [6].

Функциональная схема АСУ температуры сетевой воды, проектируемая в выпускной квалификационной работе, представлена на листе ФЮРА.421000.002 С2.

Таблица 4.1 – Перечень контролируемых параметров

№ п/п	Наименование параметра	Значение параметра
1	Температура наружного воздуха	-41°C
2	Температура сетевой воды	80°C



С помощью контроллера значения контролируемых параметров поступают на автоматизированное рабочее место оператора, где отображаются с помощью мнемосхемы на экране ПК, переключение ручного и автоматического режимов, а также управление в ручном режиме осуществляются с помощью мнемосхемы (рисунок 4.1).

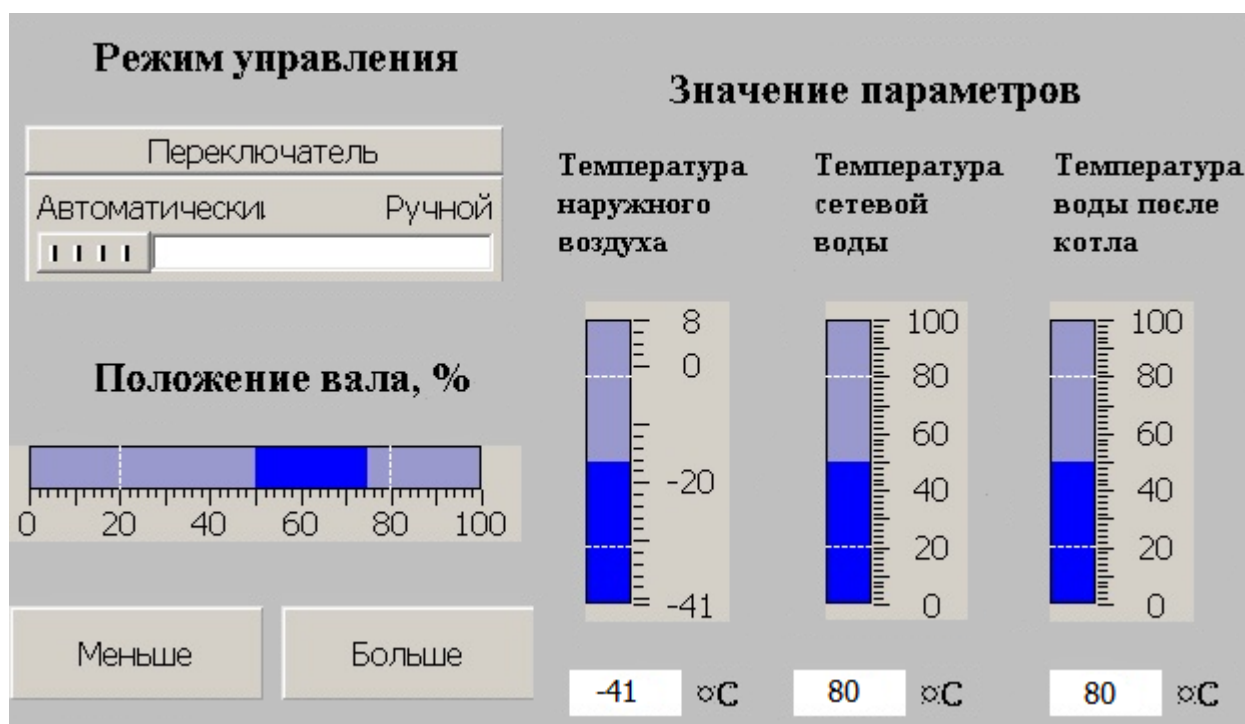


Рисунок 4.1 – Мнемосхема управления процессом

На мнемосхеме представлен переключатель режимов управления («ручной» и «автоматический»), индикатор положения вала, кнопки изменения положения вала, индикаторы температуры наружного воздуха, температуры сетевой воды и температуры воды после котла. При автоматическом режиме ручное управление положением вала производить невозможно.

## 5. Выбор оборудования и технических средств АСУ

### 5.1. Выбор средств измерения температуры

В ВКР регулируемым параметром является температура. Датчики температуры должны своевременно реагировать на изменение параметра. В таких условиях вопрос интеллектуальности средств измерения температуры является особенно актуальным. Компания Emerson Process Management и ПГ «Метран» предлагают широкую линейку средств измерения температуры для разнообразных областей применения, с различным набором функций и уровнем интеллектуальности.

Термоэлектрические преобразователи (ТЭП) и термопреобразователи сопротивления (ТПС) используются в качестве первичных преобразователей при измерениях температуры на различных теплоэнергетических объектах. Указанные датчики применяются для измерения температуры твердых тел, также однофазных агрессивных и неагрессивных сред.

ТПС типа Метран 274 (276), ТСМУ 205, ТСПУ 205 и ТСМУ (ТСПУ) используются для преобразования в унифицированный токовый сигнал измеряемой температуры, что дает возможность построения АСУ ТП без применения нормирующих преобразователей [7]. Технические характеристики ТПС представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Технические характеристики

Наименование	Метран – 274, Метран - 276	ТСПУ – 205, ТСМУ - 205	Rosemount 0065
Предел допускаемой основной приведенной погрешности, %	$\pm 0,25$ ; $\pm 0,5$	$\pm 0,25$ ; $\pm 0,5$ $\pm 0,25$ ; $\pm 0,5$ ; $\pm 1,0$	$\pm 0,13$
Выходной сигнал, мА	0 – 5, 4 – 20	4 – 20	4 – 20
Напряжение питания, В	18...42	18...36	18...36
Потребляемая мощность, Вт	0,8	0,8	0,8
Межповерочный интервал	4 года	2 года	4 года
Зависимость выходного сигнала от температуры	Линейная	Линейная	Линейная
НСХ	50М, 100М, Pt100	100М, Pt100, ХА(К)	Pt100

Для измерения температуры сетевой воды и температуры на выходе котла в рамках разрабатываемого проекта АСУ используются преобразователи типа ТСМУ-205 с верхним пределом измерения  $+180\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



Рисунок 5.1 – Внешний вид ТСМУ-205

Представленный датчик удовлетворяет предъявляемым требованиям: имеет достаточную точность измерения, в качестве выходного сигнала вырабатывает унифицированный токовый сигнал 4-20 мА [7]. Внешний вид датчика показан на рисунке 5.1.

## 5.2. Выбор средств измерения давления

Преобразователи давления типа Метран предназначены для работ в системах автоматического контроля, управления процессами и регулирования параметров, осуществляют непрерывное изменение значения измеряемых величин – давления разряжения (ДВ), избыточного давления (ДИ), разности давлений (ДД), давления-разряжения (ДИВ), гидростатического (ДГ). Используется уровень стандартного токового выходного сигнала дистанционной передачи. Для выполнения технических измерений на теплоэнергетических и промышленных объектах рекомендуется принимать преобразователи с допустимой приведенной погрешностью ( $\gamma_{\text{д}}$ )  $\pm 0,25\%$  или  $\pm 0,5\%$  [8].

Таблица 5.2 – Технические характеристики

Наименование	Метран-75	Метран-150	Метран-55
Предел допускаемой основной приведенной погрешности, %	$\pm 0,2$ ; $\pm 0,5$	$\pm 0,075$	$\pm 0,15$ , $\pm 0,25$ , $\pm 0,5$
Выходной сигнал, мА	4 – 20	4 – 20 0 – 5	4 – 20 0 – 5
Диапазон измеряемых давлений: 1) максимальный 2) минимальный	1) 0-68 МПа 2) 0-10,5 кПа	1) 0-68 МПа 2) 0-0,025 кПа	1) 0-100 МПа 2) 0-0,06 МПа
Температура внешней среды, °C	-40...85	-40...85	- 40...70
Межповерочный интервал	3 года	5 лет	3 года
Степень воздействия от пыли и влаги	IP 66	IP 66	IP 65
Цена, руб	35000	24300	7400

Датчики типа Метран приобрели широкое распространение благодаря простоте конструкции, надежности, малым размерам и эргономичности.



Рисунок 5.2 – Внешний вид преобразователя типа Метран-55

Для данной АСУ выбирается преобразователь типа Метран-55. Особенности датчиков давления Метран-55: самодиагностика при запуске, встроенный фильтр радиопомех, микропроцессорная электроника, возможность простой и удобной настройки значений выходного сигнала [8].

### 5.3. Выбор микропроцессорного контроллера

Блоки комплекса АКЭСР широко распространены и эксплуатируются в системах автоматизации на объектах теплоэнергетики. Однако эти блоки являются морально устаревшими и не выпускаются с 2007 года [9].

В настоящее время в автоматических системах регулирования применяются микропроцессорные контроллеры (МПК), позволяющие

выполнять множество функций, так один МПК может одновременно выполнять функции регуляторов в различных контурах регулирования котельного агрегата. Для упрощения системы в качестве регулятора выбран микропроцессорный контроллер.

Программируемый модульный контроллер ControlLogix допускает простую интеграцию с существующими системами на основе PLC. Имеет 16 входов и выходов, коммуникационные порты для обмена данными и связи, напряжение для питания полевых устройств составляет 24 В. Платформа ControlLogix поддерживает быструю передачу данных по задней шине шасси, обеспечивая тем самым быстродействующее управление. Установленная платформа включает в себя разнообразные технологии управления – управление последовательными и непрерывными процессами, управление приводами и движением [10]. Внешний вид представлен на рисунке 5.3.



Рисунок 5.3 – Микропроцессорный контроллер ControlLogix

Контроллер DirectLOGIC250 имеет 20 входов и 16 выходов, 2 коммуникационных порта: RS-232C и RS-232/RS-422/RS-485, более 230 команд, включая восемь ПИД-регуляторов с автонастройкой и команды работы с ASCII-обменом, съемный клеммный блок, среда разработки приложений под Windows, встроенный блок питания 3 А, 24 В для питания полевых устройств, дискретные и аналоговые дополнительные модули ввода/вывода, дополнительные модули DeviceNet, Profibus, Ethernet, дополнительный текстовый LCD дисплей [11]. Внешний вид показан на рисунке 5.4.



Рисунок 5.4 – Микропроцессорный контроллер DirectLOGIC205

Контроллер SCADAPack имеет три последовательных коммуникационных порта. С платой 5203 – три RS-232 порта, с платой 5204 – два RS-232 и один RS-485 порт. Контроллер SCADAPack имеет следующие встроенные входы/выходы: 8 дискретных/счетных входа, 16 дискретных входов, 1 вход прерывания, 1 выхода состояния, 12 релейных выхода, 8 аналоговых входов, 2 аналоговых выхода (по заказу), 1 вход температуры окружающей среды, 1 вход напряжения батарейки ОЗУ. Контроллер SCADAPack имеет встроенный источник питания [12].



Рисунок 5.5 – Микропроцессорный контроллер SCADAPack

Использован программируемый модульный контроллер ControlLogix в составе: модуль процессора ControlLogix 1756-L73, входной модуль аналоговых сигналов 1756-IF16, входной модуль постоянного тока 1756-IB16, выходной модуль постоянного тока 1756-OB16.

Таблица 5.3 – Модули контроллера ControlLogix

№	Модуль	Назначение	Количество каналов
1	1756-L73	Модуль процессора	–
2	1756-IF16	Модуль входных аналоговых сигналов	16
3	1756-IB16	Модуль входных дискретных сигналов	16
4	1756-OB16	Модуль выходных дискретных сигналов	16

#### 5.4. Выбор пускового устройства

Для управления исполнительным механизмом (ИМ) применяются пусковые устройства. Пускатели могут быть контактные или бесконтактные. Ввиду того, что в современных исполнительных механизмах типа механизм электрический однооборотный (МЭО) применяются тихоходные электродвигатели с большим значением индуктивной составляющей, в момент коммутации на контактах возникает электрическая дуга, которая быстро изнашивает контакты. За счет данного явление бесконтактные пускатели получили широкое применение. Технические характеристики пусковых устройств представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Основные характеристики пусковых устройств типа ПБР

Исполнение	ПБР-3	ПБР-3А	ПБР-2М
Максимальный коммутируемый ток	3 А	3 А	4 А
Конструктивное исполнение	Габаритные размеры – 240х196х900 мм Масса – не более 3,5 кг. Монтаж – навесной. Степень защиты – IP 20	Габаритные размеры – 240х196х900 мм Масса – не более 3,5 кг. Монтаж – навесной. Степень защиты – IP 20	Габаритные размеры – 240х196х900 мм Масса – не более 3,5 кг. Монтаж – навесной. Степень защиты – IP 20
Быстродействие	25 мс	25 мс	25 мс
Полный срок службы	10 лет	10 лет	10 лет
Потребляемая мощность	5 Вт	5 Вт	7 Вт
Цена	3400 руб.	3000	2500

Пускатель обеспечивает пуск и реверс трехфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором. Пускатели типа ПБР-3А содержат схему защиты электродвигателя от перегрузки. Схема защиты обеспечивает отключение электродвигателя механизма при выходе рабочего органа механизма на упор либо при заклинивании его в промежуточном положении. Пускатель предусмотрен на подключение электродвигателей различной мощности, поэтому предусмотрена регулировка тока срабатывания защиты изменением положения движка потенциометра, расположенного на передней панели пускателя [13].

Для управления исполнительным механизмом выбран пускатель бесконтактный реверсивный типа ПБР-3А.

#### 5.5. Выбор исполнительного механизма

Исполнительные механизмы являются приводной частью регулирующего органа и предназначены для его перемещения. ИМ в зависимости от используемой энергии подразделяются на следующие виды: пневматические, гидравлические, электрические. В зависимости от назначения ИМ комплектуются различными датчиками положения: индуктивным, реостатным (диапазон 0...120 Ом), токовым (0...5 мА или 4...20 мА, или 0...20 мА). Широко распространены следующие типы электрических ИМ: механизмы электрические однооборотные, механизмы электрические однооборотные фланцевые (МЭОФ) [14].

Неполнооборотные приводы, управляемые электрическим двигателем АУМА, используются, когда требуется угол поворота менее 360 °. Примером может служить управление такой арматурой как заслонка и шаровый кран. Для приводов типа АУМА характерны различные режимы работы, высокая степень защиты, антикоррозийная защита для различных условий, наличие низко- и высокотемпературной модификации, взрывозащита [15].

Для выбора исполнительного механизма необходимо провести расчет параметров исполнительного механизма.



Внутренний диаметр трубопровода 160 мм.

Максимальный крутящий момент МЭО

$$M_{\max} = 6,89 \cdot D_y - 338 = 6,89 \cdot 160 - 338 = 764,4 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

Для правильного выбора исполнительного механизма типа МЭО должно учитываться условие  $M_H > M_{\max}$ , поэтому выбираем механизм электрический однооборотный типа МЭОФ-1000/15-0,25 М-96К [14].

Таблица 5.5 – Технические характеристики МЭОФ-1000/15-0,25 М-96К

Наименования параметра	Значение
Номинальный крутящий момент на выходном валу, $H \cdot m$	1000
Номинальное время полного хода выходного вала, с	15
Номинальное значение полного хода выходного вала, об	0,25
Потребляемая мощность, Вт	490
Частота питания, Гц	50
Блок сигнализации положения	токовый

## 6. Разработка принципиальной электрической схемы АСР

Принципиальная электрическая схема определяет состав приборов, аппаратов и устройств АСУ, связей между ними. Действия этих приборов обеспечивают решение задач управления, регулирования, защиты, измерения и сигнализации. Принципиальные схемы служат основанием для разработки других документов проекта. При всем многообразии принципиальных электрических схем в различных системах автоматизации любая схема, независимо от степени ее сложности, представляет собой определенным образом составленное сочетание отдельных, достаточно элементарных электрических цепей и типовых функциональных узлов, в заданной последовательности, выполняющих ряд стандартных операций: передачу командных сигналов от органов управления или измерения к исполнительным органам. К элементарным цепям могут быть отнесены типовые схемы включения измерительных приборов различного назначения [1].

На этапе разработки принципиальной электрической схемы отображается последовательность передачи информации от источника до оператора. Производится расстановка элементов в соответствии с заказной спецификацией. Последовательность расположения должна быть удобна в чтении при дальнейшей разработке монтажных схем и схем внешних проводок. На схеме для каждого из устройств отображаются только задействованные клеммы в соответствии с его технической документацией. Соединение устройств на схеме показывается линиями связи, обозначающими электрическую проводку. Расстановка обозначений производилась сверху вниз и слева направо. Буквами латинского алфавита обозначается вид элемента, затем устанавливается порядковый номер устройства. Составляется перечень элементов схемы, в соответствии с позиционными обозначениями [6]. Полученная информация оформляется в таблицу.

При помощи измерительных устройств А3, А4, А5, А6 происходит получение информации о значениях параметров технологического процесса таких как температура и давление. С выходов измерительных преобразователей унифицированный токовый сигнал 4...20 мА поступает на входной модуль аналоговых сигналов AS01 контроллера. После унифицированный токовый сигнал, преобразованный в цифровой код, поступает на центральный процессор AS00, задача которого обрабатывать данные о ходе технологического процесса и вырабатывать управляющие воздействия в соответствии с заданным алгоритмом управления. Управляющее воздействие поступает на выходной модуль дискретных сигналов AS03, усиливается пусковым устройством А1 и передается на обмотку управления исполнительного механизма А2, после чего вал исполнительного механизма начинает вращаться, изменяя степень открытия регулирующего органа. Унифицированный токовый сигнал 4...20 мА с датчика положения выходного вала исполнительного механизма поступает на входной модуль аналоговых сигналов, дискретный сигнал с датчиков

конечного положения исполнительного механизма поступает на входной модуль дискретных сигналов, что обеспечивает контроль положения вала и балансировку соответствующих сигналов при переходе с одного режима управления на другой.

Принципиальная электрическая схема АСУ температуры сетевой воды, разрабатываемая в рамках ВКР, представлена на листе ФЮРА.421000.002 ЭЗ.

## 7. Разработка монтажной схемы АСР

Монтажная схема – это комбинированная схема, на которой отражают электрические связи между приборами и средствами автоматизации, установленными на технологическом оборудовании в щитовых конструкциях, а также подключения проводок к приборам и щитам. Монтажная схема выполняется на основе функциональной и принципиальной электрической схем.

Монтажная схема выполняется без соблюдения масштаба с наименьшим числом изломов и пересечений проводок [16].

На схеме условно показываются технические средства, которые установлены по месту или непосредственно на технологическом оборудовании. Условно изображаются контакты элементов, их номера и соединения.

Каждый проводник маркируется согласно принципиальной электрической схеме либо вводится собственное обозначение [6].

При установке внешней электрической проводки рядом с местом использования приводят ее техническую характеристику: марку, длину, сечение и количество жил и количество занятых жил. Их указывают в прямоугольнике, помещаемом справа от обозначения кабеля [1].

В шкафу управления и автоматики размещается МПК и необходимое оборудование.

Разработка монтажной схемы осуществляется в несколько этапов. Сначала выполняется размещение технических средств, выбор проводки для соединения технических средств. Далее производится нумерация проводников, определяется количество используемых жил.

В шкафу пусковой аппаратуры предусмотрен клеммник ХТ2 в целях повышения надежности соединения проводов и удобного монтажа. В таблице 7.1 представлена характеристика электропроводки.

Таблица 7.1 – Характеристики электропроводок

Номер сборки зажимов	Марка	Общее количество жил, шт	Количество используемых жил, шт	Номинальное сечение, $\text{мм}^2$
1	КВВГЭ	16	14	1
2	КВВГЭ	10	8	1
2-1	КВВГЭ	4	2	1
2-2	КВВГЭ	4	2	1
2-3	КВВГЭ	4	2	1
2-4	КВВГЭ	4	2	1
3	АКВВГ	4	3	2,5
4	КВВГЭ	14	11	1

Монтажная схема проектируемой АСУ представлена на чертеже ФЮРА.421000.002 С4.

## 8. Разработка чертежа общего вида щитовой конструкции АСУ

На современных щитах систем автоматизации размещают средства контроля и управления технологическим процессом, контрольно-измерительные приборы, различные сигнальные устройства, необходимую аппаратуру управления, автоматического регулирования и защиты, блокировки линий связи между ними. Данные щитовые конструкции устанавливают в операторских, диспетчерских, аппаратных или других специализированных помещениях [6]. Общие виды щитов должны быть выполнены в наглядном виде, который позволяет изготовить щит на специализированных заводах со всеми вырезами и креплениями, необходимыми для установки приборов, средств автоматизации и вводов проводок. Исходными материалами для проектирования общих видов щитов являются функциональные схемы систем автоматизации, принципиальные электрические схемы. Внутри щита должно быть предусмотрено освещение для удобства ремонта и обслуживания. Средства автоматизации внутри шкафа компонуются функциональными группами в порядке хода технологического процесса [5].

В выпускной квалификационной работе для размещения средств автоматизации используется шкафной щит одиночный RITTAL 600x600x350 AE 1360.500. Предложенный шкаф имеет взрывоопасное исполнение, широкий эксплуатационный диапазон температуры окружающей среды и высокую степень защиты IP 66 [17]. В шкафу располагается контроллер, его модули и крепление, клеммник XT1 и XT2, модуль питания G1, автоматический выключатель GF1.

Общий вид щита представлен на чертеже ФЮРА.421000.002 СБ.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ,  
РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5Б4В	Балахниной Юлии Евгеньевне

<b>Учебное подразделение</b>	<b>ИШЭ</b>	<b>Образовательный центр</b>	НОЦ И.Н. Бутакова
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Должностной оклад инженера – 17000 руб., научного руководителя (НР) – 19500 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Районный коэффициент – 30 %
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления в социальные фонды 30 % от фонда оплаты труда (ФОТ)
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	1. Планирование работ и оценка их выполнения
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	2. Смета затрат на проект
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	3. Смета затрат на оборудование 4. Оценка экономической эффективности проекта

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	23 апреля 2018
---	----------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Старший преподаватель	Кузьмина Наталия Геннадьевна			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5Б4В	Балахнина Юлия Евгеньевна		

## 9. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Автоматизированные системы управления позволяют учитывать фактическое потребление ресурсов и контролировать их подачу в зависимости от параметров окружающей среды. Настоящая выпускная квалификационная работа представляет собой проект по модернизации действующей котельной с целью повышения эффективности работы. Проектирование и установка автоматизированной системы управления параметрами сетевой воды на котельной №7 села Молчаново Томской области позволит сократить потребление ресурсов, увеличить эффективность работы и обеспечить высокий уровень потребляемых услуг.

Цель заключается в расчёте экономической эффективности внедрения автоматизированной системы управления параметрами сетевой воды на котельной. Для реализации поставленной цели необходимо проработать некоторые задачи:

- 1) Спланировать затраты на проектирование системы.
- 2) Установить капитальные затраты на создание проекта системы контроля.
- 3) Вычислить разовые капитальные вложения на приобретение технических средств автоматизации, монтаж и их наладку.
- 4) Определить экономический эффект от внедрения данной системы управления.

### 9.1. Планирование работ и оценка времени их выполнения

Научные исследования проводились с участием руководителя и инженера. По каждому виду запланированных работ была установлена соответствующая должность исполнителей, составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 9.1.













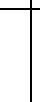



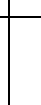


Таблица 9.1 – Перечень работ и их продолжительность по времени, распределение по исполнителям



№ п/п	Наименование работ	Исполнители	Продолжительность, дней
1	Выдача и получение задания	Руководитель Инженер	1
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	10
3	Системный анализ проектных решений на базе современных разработок системы измерений и управления	Инженер	6
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель Инженер	5
5	Анализ опубликованных работ в области исследований	Инженер	7
6	Проведение теоретических обоснований разрабатываемой системы	Инженер	9
7	Гидравлический расчет	Инженер	7
8	Обработка результатов	Инженер	12
9	Разработка структурной схемы	Инженер	4
10	Разработка функциональной схемы	Инженер	5
11	Разработка принципиальной электрической схемы	Инженер	7
12	Разработка монтажной схемы	Инженер	6
13	Разработка чертежа щитовой конструкции	Инженер	5
14	Выбор технических средств автоматической системы регулирования	Инженер	5
15	Составление пояснительной записки	Инженер	8
16	Проверка пояснительной записки	Руководитель Инженер	4
	Итого	Инженер Руководитель	101 10

Для более наглядного представления продолжительности и последовательности работ был разработан график Ганта.

График Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. График Ганта представление в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – График Гантта

№ работ	Вид работ	Исполнители	T <sub>ki</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				Фев.		Март			Апрель			Май			Июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Выдача и получение задания	Руководитель (13 р) Инженер (9 р)	1														
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер (9 р)	10														
3	Выбор направления исследований	Инженер (9 р)	6														
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель (13 р) Инженер (9 р)	5														
5	Анализ опубликованных работ в области исследований	Инженер (9 р)	7														
6	Проведение теоретических обоснований разрабатываемой системы	Инженер (9 р)	9														
7	Анализ работы первичных преобразователей	Инженер (9 р)	7														
8	Обработка результатов	Инженер (9 р)	12														
9	Разработка структурной схемы	Инженер (9 р)	4														
10	Разработка функциональной схемы	Инженер (9 р)	5														
11	Разработка принципиальной электрической схемы	Инженер (9 р)	7														
12	Разработка монтажной схемы	Инженер (9 р)	6														
13	Разработка чертежа щитовой конструкции	Инженер (9 р)	5														
14	Выбор технических средств АСР	Инженер (9 р)	5														
15	Составление пояснительной записки	Инженер (9 р)	8														
16	Проверка пояснительной записки	Руководитель (13 р) Инженер (9 р)	4											 			

 – руководитель,  – инженер

## 9.2. Смета затрат на проектирование

Капитальные затраты на проект включают в себя следующие виды затрат: материальные, амортизация, социальные отчисления, накладные и прочие затраты, необходимых для проведения работ по теме, в том числе и затраты на заработную плату научного руководителя и инженера. Существуют сметы финансирования предприятий на выполнение определенных работ, таких как ремонтные, строительные и т.д.

Смета затрат на проект рассчитывается по следующей формуле:

$$K_{\text{проект}} = K_{\text{мат}} + K_{\text{ам}} + K_{\text{зн}} + K_{\text{со}} + K_{\text{пр}} + K_{\text{накл}}, \quad (9.1)$$

где  $K_{\text{мат}}$  – материальные затраты;

$K_{\text{ам}}$  – амортизация компьютерной техники;

$K_{\text{зн}}$  – затраты на заработную плату;

$K_{\text{со}}$  – затраты на социальные отчисления;

$K_{\text{пр}}$  – прочие затраты;

$K_{\text{накл}}$  – накладные расходы.

### 9.2.1. Материальные затраты

Материальные затраты принимаются в размере 1000 рублей на канцелярские товары.

$$K_{\text{мат}} = 1500 \text{ руб.}$$

### 9.2.2. Амортизация компьютерной техники

Амортизация – постепенное изнашивание основных средств и перенесение их стоимости на выпускаемую продукцию по мере их физического и морального износа. При разработке системы регулирования температуры используется компьютерная техника, которая имеет свой срок службы, поэтому необходимо учитывать затраты на ее износ.

$$K_{\text{ам}} = \frac{T_{\text{исп.кт}}}{T_{\text{кал}}} \cdot C_{\text{кт}} \cdot \frac{1}{T_{\text{сл}}}, \quad (9.2)$$

где  $T_{исп.кт}$  – время использования компьютерной техники;

$T_{кал}$  – календарное время;

$C_{кт}$  – цена компьютерной техники;

$T_{сл}$  – срок службы компьютерной техники.

Календарное время принимается 365 дней, срок службы компьютерной техники принимается 5 лет.

$$K_{ам} = \frac{101}{365} \cdot 22000 \cdot \frac{1}{5} = 1217,5 \text{ руб.}$$

### 9.2.3. Затраты на заработную плату

В данную статью входит основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме проектирования. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов.

Зарботная плата инженера и научного руководителя рассчитывается по формуле:

$$K_{зп} = ЗП_{инж} + ЗП_{НР}, \quad (9.3)$$

где  $ЗП_{инж}$  – заработная плата инженера;

$ЗП_{НР}$  – заработная плата научного руководителя.

Зарботная плата в месяц считается по формуле:

$$ЗП_{мес} = ЗП_0 \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (9.4)$$

где  $ЗП_0$  – месячный оклад;

$K_1$  – коэффициент, учитывающий отпуск;

$K_2$  – районный коэффициент.

Месячный оклад инженера составляет 17 000 руб., старшего преподавателя 19500 руб. Месячная заработная плата рассчитывается с учетом районного коэффициента, коэффициента, учитывающего отпуск.

$$ЗП_{мес.инж} = 17000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 24310 \text{ руб.},$$

$$ЗП_{мес.нр} = 19500 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 27885 \text{ руб.},$$

Фактическая заработная плата – это плата за всю проделанную работу. Рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{инж}^{\phi} = \frac{ЗП_{мес}}{21} \cdot n^{\phi}, \quad (9.5)$$

где  $ЗП_{мес}$  – заработная плата в месяц;

21 – число рабочих дней в месяце;

$n^{\phi}$  – фактическое число дней в проекте.

$$ЗП_{инж}^{\phi} = \frac{24310}{21} \cdot 101 = 116919,5 \text{ руб.},$$

$$ЗП_{нр}^{\phi} = \frac{27885}{21} \cdot 10 = 13278,6 \text{ руб.},$$

#### 9.2.4. Отчисления на социальные нужды

Отчисления на социальные нужды – элемент себестоимости продукции (работ, услуг), в котором отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством нормам государственного социального страхования в Фонд социального страхования Российской Федерации. Считаются по формуле:

$$K_{co} = 30\% \cdot K_{зн}, \quad (9.6)$$

$$K_{co} = 30\% \cdot 130198,1 = 39059,4 \text{ руб.}$$

#### 9.2.5. Прочие затраты

Прочие затраты – элемент себестоимости продукта, в котором отображаются налоги, платежи, отчисления в страховые фонды и другие обязательные отчисления. Прочие затраты, принимаем в размере 10% от  $(K_{mat} + K_{ам} + K_{зн} + K_{co})$ .

$$K_{np} = 10\% \cdot (K_{mat} + K_{ам} + K_{зн} + K_{co}), \quad (9.7)$$

$$K_{np} = 10\% \cdot (1000 + 1217,5 + 130198,1 + 39059,4) = 17147,5 \text{ руб.}$$

### 9.2.6. Накладные расходы

Накладные расходы – издержки предприятия, возникающие дополнительно к основным затратам по производству и реализации продукции, работ, услуг. Принимаются в размере 200% от  $K_{зп}$ .

$$K_{накл} = 200\% \cdot K_{зп}, \quad (9.8)$$

$$K_{накл} = 200\% \cdot 130198,1 = 260396,2 \text{ руб.}$$

Смета затрат на проект по формуле 9.1 составляет:

$$K_{проект} = 1500 + 1217,5 + 130198,1 + 39059,4 + 17147,5 + 260396,2 = 449518,7 \text{ руб.}$$

Таблица 9.3 – Смета затрат на проект

№	Элементы затрат	Стоимость, руб.
1	Материальные затраты	1500
2	Амортизация	1217,5
3	Затраты на заработную плату	130198,1
4	Затраты на социальные отчисления	39059,4
5	Прочие затраты	17147,5
6	Накладные расходы	260396,2
	Итого	449018,7

### 9.3. Смета затрат на оборудование

Смета данного раздела составляется как на приобретение технологического оборудования, так и на строительно-монтажные работы по ремонту, капитальному ремонту зданий и оборудования, на реконструкцию и строительство новых объектов, благоустройство дворовых территорий.

Таблица 9.4 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Количество единиц	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Компьютер	1	25000	25000
2	Термопреобразователь	3	2600	7800
3	Датчик давления	1	7400	7400
4	Пускатель	1	3000	3000
5	Контроллер	1	346000	346000
6	Исполнительный механизм	1	88000	88000
7	Блок питания	1	6820	6820
	Итого			484020

Капитальные вложения в монтаж, рассчитываются как 20% от вложений в оборудование:

$$K_{\text{монт}} = 20\% \cdot K_{\text{Об}}, \quad (9.9)$$

где  $K_{\text{Об}}$  – капитальные вложения в оборудование

$$K_{\text{монт}} = 20\% \cdot 484020 = 96804 \text{ руб.}$$

Эффективность автоматизированных систем управления зависит от сравнения результатов функционирования системы и затрат всех видов ресурсов, необходимых на её создание и развитие. С установленным оборудованием будет осуществляться экономия на отпуск тепла потребителю на отопление и вентиляцию в среднем до 10%, будет происходить минимизация потребления ресурсов, увеличение срока службы оборудования вследствие оптимизации режимов его работы. Оборудование, выбранное в проекте, является современным и легким в эксплуатации и ремонте, что повышает надежность и безопасность системы в целом. Широкое

распространение на российском рынке позволяет легко заменять приборы аналогами для уменьшения времени простоя в случае ремонта. Установка нового комплекта оборудования необходима из-за соображений безопасности, аварийные ситуации могут принести большой вред в экономическом плане.



## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Б4В	Балахниной Юлии Евгеньевне

Институт	ИШЭ	Кафедра	
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Теплоэнергетика и теплотехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»	
Характеристика объекта исследования и области его применения	В работе рассматривается автоматизированная система управления параметрами сетевой воды на котельной №7 с. Молчаново, Томской области
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Производственная безопасность</b> 1.1. Анализ выявленных вредных факторов  1.2. Анализ выявленных опасных факторов	В результате работы были выявлены следующие вредные факторы при разработке и эксплуатации системы: – электромагнитное излучение; – шумы и вибрация; – повышенная концентрация углекислого газа в помещении.  Возможные опасные факторы: – поражение электрическим током; – пожаро- и взрывоопасность. Для работы были использованы такие законодательные и нормативные документы, как: СНиП, ГОСТ, СанПин.
<b>2. Экологическая безопасность</b>	Потенциальным негативным воздействием на окружающую среду является воздействие на атмосферный воздух (выбросы $CO_2$ при работе оборудования). Для улучшения экологической обстановки будут разработаны методы минимизации ущерба для экологии.
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</b>	При описании опасных факторов, в работе указаны возможные чрезвычайные ситуации, а также меры по предупреждению и оповещению о случившемся ЧС, приведены четкие регламентируемые требования по поведению персонала при возникновении ЧС и обязательной эвакуации. Все необходимые меры и требования регламентируются согласно нормативным документам.
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</b>	В работе отражены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности (правильная компоновка рабочего места, вентиляция помещения, проведение инструктажей и прочее).

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Василевский Михаил Викторович	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б4В	Балахнина Юлия Евгеньевна		

## 10.1. Введение

В рамках выполнения выпускной квалификационной работы ведется разработка автоматизированной системы управления параметрами сетевой воды на котельной №7 с. Молчаново Томской области. Работа направлена на переоборудование котельной на более современные технические средства автоматизации. Котельная занимается обеспечением тепловой энергией для села Молчаново.

Само понятие «Социальная ответственность» интегрировано с Запада и берет начало в 70-х годах 20 века. Теоретической базой термина является качественное выполнение требований норм и законов в областях защиты окружающей среды, обеспечения безопасного труда, своевременной оплаты труда и т.д.

Деятельность котельной напрямую связана с влиянием на окружающую среду через образование выбросов и отходов, загрязняющих атмосферу. При проектировании объекта необходимо выполнять условия по компенсации ущерба окружающей среде.

Главными мероприятиями по защите окружающей среды являются следующие действия:

- охрана грунта и почв;
- охрана водных запасов и рациональное их использование;
- проведение производственно-экологического мониторинга;
- проведение мероприятий по соблюдению энергоэффективности и ресурсосбережения;
- работы по переработке и утилизации производственных отходов.

Котельная №7 производит выброс в окружающую среду отработанные дымовые газы. Для обеспечения чистоты окружающего воздуха в районе расположения котельной необходимо провести меры по борьбе с углекислым газом и другими токсичными веществами. Эти выбросы оказывают пагубное воздействие на окружающую среду. Возможные последствия представлены ниже:

- повышенная концентрация углекислого газа и других веществ в воздухе на территории объекта;
- загрязнение водоемов из-за сталкивания отвалов;
- негативное влияние на растительность;
- загрязнение грунты и почв.

Все эти факторы приводят к загрязнению окружающей среды, что содержит в себе большую опасность в ухудшении экологической обстановки, жизни и здоровья человека. Важно отметить, что следует не только уменьшать негативное влияние на окружающую среду, но и проводить мероприятия по её восстановлению. Этого можно добиться путём уборки территории, озеленения близлежащих территорий, созданием «зелёных зон».

К защите окружающей среды и социальной ответственности относится соблюдение норм охраны труда. Термин «Охрана труда» представляет собой систему сохранения здоровья и жизни человека, в ходе осуществления трудовой деятельности. Система включает такие мероприятия как:

- реабилитационные мероприятия;
- организационно-технические мероприятия;
- санитарно-гигиенические мероприятия;
- лечебно-профилактические мероприятия;
- социально-экономические мероприятия;
- правовые мероприятия.

Главной задачей по обеспечению охраны труда является максимально обезопасить труд человека, создать комфортные условия для труда и исключить воздействие вредных и опасных производственных факторов. Основным рабочим местом на данном объекте является автоматизированное рабочее место оператора (АРМ) котельной. На оператора оказывается воздействие вредных факторов. К таким факторам можно отнести следующие:

- высокий уровень шума;
- отклонения показателей микроклимата в помещении;

– недостаточная освещенность рабочего места.

К опасным факторам относится:

- вероятность поражения электрическим током;
- вероятность возгорания и как следствие – пожар;
- высокая запыленность в помещении.

## 10.2. Метеорологические условия в производственных помещениях

Метеорологические условия – значения температуры воздуха, относительная влажность, скорость и направление движения воздуха. Требуемые значения представленных ранее показателей для рабочего пространства устанавливаются в соответствии с допустимыми и оптимальными значениями согласно СанПиН 2.2.4.548 – 96. Допустимые значения микроклиматических условий рабочих помещений при учете таких факторов, как время года, избытки тепла и возможная тяжесть выполнения работы представлены в таблице.

Таблица 10.2.1 – Допустимые параметры микроклимата на рабочем месте производственных помещений.

Текущий период	Категория работ исходя из уровня энергетических затрат, Вт	Температура воздуха, $t_{opt}, ^\circ C$	Температура поверхностей, $t, ^\circ C$	Относительная влажность воздуха, $\varphi, \%$	Скорость движения воздуха, м/с	
					Если $t < t_{opt}, ^\circ C$	Если $t > t_{opt}, ^\circ C$
Холодный	Пб(233-290)	15-22	14-23	15-75	0,2	0,4
Теплый	Пб(233-290)	16-27	15-28	15-75	0,2	0,5

Производственные помещения можно разделить на два класса:

- 1) Помещения с незначительными избытками по теплу
- 2) Помещения со значительными избытками по теплу

Помещения при производстве должны оснащаться приточно-вытяжной вентиляцией, которая будет осуществлять приток чистого воздуха с улицы и удалять загрязненный в атмосферу.

Специфичность работы оператора котельной заключается в том, что контроль за технологическим процессом осуществляется путем наблюдения через монитор персонального компьютера. Процесс протекает в сидячем положении, физические нагрузки практически отсутствуют. При малой физической активности возможно проявление утомляемости, головных болей, искривление позвоночника и т.д. Помимо наблюдения, оператор еще осуществляет контакт с оборудованием, проверку исправности, подготовка, запуск и другое.

Несоблюдение регламентированных правил и норм по влажности или температуре в производственных помещениях может быть вызвано неправильной обстановкой рабочего помещения или неправильной эксплуатацией установок. Это приводит к изменению показателей микроклимата, ухудшению состояния здоровья персонала и состояние оборудования.

### 10.3. Производственное освещение

Для освещения производственных помещений применяются системы с общим и комбинированным освещением. При выборе системы учитываются особенности, которые связаны с технологическим процессом и размещением оборудования. Производственное освещение бывает естественным, искусственным и совмещенным. Естественное освещение – освещение, полученное падением солнечных лучей на поверхность конструкции. Помещения, в которых бывают люди, по правилам должны иметь естественное освещение, если есть возможность. Искусственное освещение – освещение за счет искусственных источников света. Предназначено для нормальной эксплуатации зданий, создания необходимых условий работы при отсутствии возможности использования естественного освещения. Совмещенное освещение включает в себя комбинирование естественного и искусственного освещения, при недостатке первого. На котельных используют смешанное освещение.

Необходимая оценка освещенности выполняется для обеспечения нормативных условий работы в производственных помещениях. Оценку проводят в соответствии с СанПиНом 2.2.1/2.1.1278–03.

Аварийное освещение устанавливается для продолжения работы технологического процесса при внезапном отключении освещения. Эвакуационное освещение необходимо для возможной экстренной эвакуации людей из помещения при возникновении ЧС, связанного с отключением освещения на участках опасных для людей, например, лестничные клетки и т.д.

#### 10.4. Электробезопасность

Под термином «электробезопасность» понимается комплекс мероприятий технического характера, направленные на защиту человека от опасного для жизни и здоровья электрического тока, разрядов и магнитных полей. Для предотвращения поражения электрическим током, необходимо соблюдать определенные требования:

- работа с электроприборами должна производиться с использованием средств индивидуальной защиты;
- использование в работе исправных инструментов и приборов;
- персонал, который допущен к подобного рода работам, должен пройти инструктаж по электробезопасности;
- проведение мониторинга на предмет исправности электрооборудования и электропроводки.

Во избежание поражения персонала электрическим током необходимо иметь запорные устройства с замками для ликвидации несанкционированного доступа во все шкафы комплекса. Конструкция устройств должна исключить попадание в процессе эксплуатации электрических напряжений на внешние части металлического устройства. Заземлению подлежат металлические части устройств, до которых можно дотронуться при работе или осуществлении контроля.

Обеспечение электробезопасности должно производиться с учетом требований ГОСТ 12.1.019. для обслуживающего персонала. Корпуса блоков аппаратуры должны комплектоваться устройствами для подсоединения защитного заземления по ГОСТ 2.2.007.0. На корпусе обозначают специальный знак заземления. Требования по безопасности должны быть включены в документацию по эксплуатации оборудования, ремонта и контроле изделия.

#### 10.5. Пожаробезопасность помещения

Пожаробезопасность объекта – это способность объекта предотвратить возгорание, его развитие и свести к минимуму воздействие на людей и имущество, либо исключить это воздействие полностью. Пожарная безопасность объектов должна контролироваться системами предотвращения пожара и противопожарных защит.

В зависимости от количества и характеристики воспламеняемых веществ согласно пожарным нормативам, по пожарной и взрывной опасности производят разделение на категории А, Б, В, Г, Д.

Объектом исследования является здание котельной, которое представляет опасность для возникновения пожарных ситуаций. Причины возгорания могут заключаться в утечке топлива, неисправном электрическом оборудовании и многом другом. Для своевременного оповещения оператора устанавливаются пожарные сигнализации, оборудованные датчиками температуры, загазованности, давления и устройствами для звукового и визуального оповещения.

Кроме пожарной сигнализации, предусматривается оборудование для устранения возгорания, например, пожарные краны, огнетушители, ящики с песком, которые устанавливают рядом с каждым котлом. При срабатывании сигнализации необходимо вызвать пожарную бригаду и принять меры по тушению пожара. На рисунке 10.1 представлен план эвакуации при чрезвычайных ситуациях.

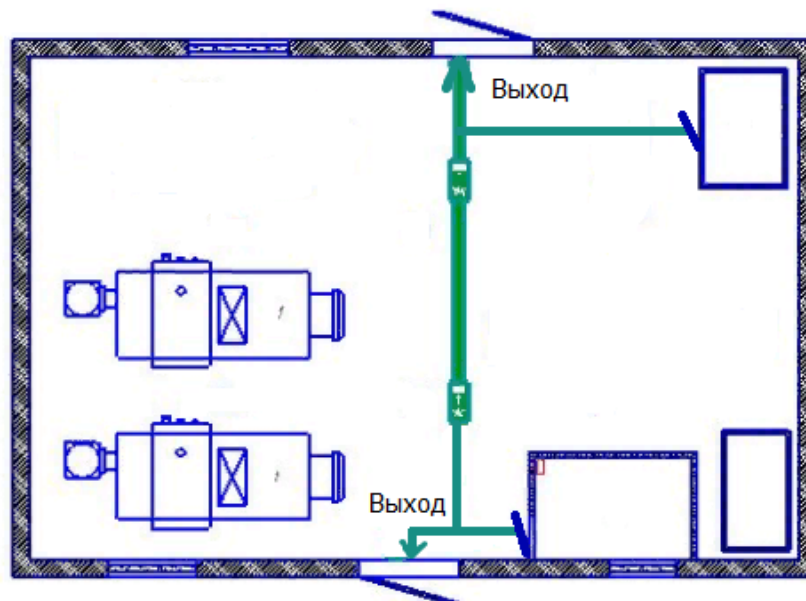


Рисунок 10.1 – План эвакуации котельной

Необходимым критерием пожарной безопасности является наличие не только сигнализации и специального оборудования, но и плана эвакуации из производственного помещения. Каждый работник должен пройти инструктаж по пожарной безопасности, обладать навыками последовательного тушения пожара и информацией о нахождении средств связи.

#### 10.6. Повышенная запыленность и загазованность

На котельных, которые используют газ в виде топлива, есть вероятность возникновения утечек токсичных веществ внутри и снаружи помещения. В случае утечки дымового газа здоровью персонала может быть нанесен серьезный ущерб.

Одним из самых известных методов по снижению концентрации в производственных помещениях углекислого газа является метод рециркуляции. Еще один метод подразумевает использование дополнительного оборудования – продувочных вентиляторов.

Снижение влияния фактора можно осуществить при мониторинге технологического оборудования на наличие утечек для их незамедлительного устранения. Широкое распространение в системах контроля загазованности и



запыленности получили датчики, определяющие концентрацию вредных веществ в помещении. При этом, такие датчики оснащаются средствами сигнализации для оповещения персонала.

#### 10.7. Заключение по разделу

Темой выпускной квалификационной работы является «Автоматизированная система управления параметрами сетевой воды на котельной №7 с. Молчаново Томской области», которая включает в себя выбор технических средств автоматизации и оборудования. Выбор этих элементов позволит снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций на объекте. Кроме ущерба в экономическом плане, авария может причинить серьезный вред людям и окружающей среде. Предприятие имеет свою корпоративную социальную ответственность, в которой обязуется отслеживать состояние экологии не только на объекте, но и ближайшей территории.

Главная задача раздела «социальная ответственность» заключается в формировании у индивида социальной ответственности перед окружающей средой, людьми и выполнения всех мероприятий по их охране.

По результатам работы по разделу можно выделить следующее:

- приведено описание вредных факторов, которые могут возникнуть на котельной;
- рассмотрена социальная ответственность производственного предприятия;
- предложены методики борьбы с представленными вредными факторами;
- определена личная социальная ответственность для каждого индивида;
- реализованы различные чрезвычайные ситуации и меры по их предотвращению;
- отображены правовые и организационные вопросы по обеспечению безопасности персонала.

## Заключение

В соответствии с техническим заданием на выполнение выпускной квалификационной работы разработана автоматизированная система управления параметрами сетевой воды на котельной №7 с. Молчаново Томской области.

В ходе подготовки ВКР выполнено:

1. Выполнен анализ объекта автоматизации.
2. Разработана модель тепловой сети с. Молчаново Томской области в программно-расчётном комплексе ZuluThermo.
3. Выполнен гидравлический расчет тепловой сети.
4. Выбраны технические средства автоматизации.
5. Разработаны структурная, функциональная, принципиальная электрическая и монтажная схемы АСУ параметров сетевой воды.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» рассмотрены затраты на реализацию проекта.

В разделе «Социальная ответственность» проведен анализ наличия вредных факторов, воздействие на рабочий персонал и окружающую среду, а также определены мероприятия, направленные на снижение рисков возникновения опасных ситуаций.

## Список используемой литературы

1. Ключев А.С., Глазов Б.В. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. Справочное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
2. Эксплуатация котельных агрегатов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://megaobuchalka.ru/10/1628.html> свободный. – Загл. с экрана.
3. Павлов И.И., Федоров М.Н. Котельные установки и тепловые сети. Учебное пособие для техникумов. – Москва: Изд-во Стройиздат, 1972. – 288 с.
4. ТСН 23-316-2000 Томской области. Тепловая защита жилых и общественных зданий.
5. Плетнев Г.П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике: учебник для студентов вузов/Г.П. Плетнев. – 4-е изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 352 с.
6. Волощенко А.В., Медведев В.В. Технологические измерения и приборы. Курсовое проектирование: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – 120 с.
7. Датчики температуры: Каталог-справочник. – Изд-во ПГ «Метран», 2017. – 213 с.
8. Датчики давления: Каталог-справочник. – Изд-во ПГ «Метран», 2017. – 295 с.
9. АКЭСР. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.eprussia.ru/epr/31/2053.htm> свободный. – Загл. с экрана.
10. Программируемый логический контроллер ControlLogix: Руководство пользователя, 2011. – 349 с.
11. Программируемый логический контроллер DirectLOGIC 250: Руководство пользователя. – ПЛК Системы, 2012. – 145 с.

12. Программируемый логический контроллер SCADAPack 32: Руководство по эксплуатации. – ПЛК Системы, 2012. – 62 с.
13. Пускатель бесконтактный реверсивный ПБР-3: Руководство по эксплуатации. – Чебоксары: Изд-во ЗЭиМ, 2011. – 13 с.
14. Механизмы исполнительные электрические однооборотные МЭО: Номенклатурный каталог. – Чебоксары: Изд-во ЗЭиМ, 2008. – 25 с.
15. Механизмы AUMA. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://souzimport.ru/catalog/producers/auma/?\\_openstat=ZGlyZWN0LnlhbmRleC5ydTsxMzQwNTc2MDsyODU5MTA4Nzc0O3lhbmRleC5ydTpwcmVtaXVt&yclid=2914964073050546562](https://souzimport.ru/catalog/producers/auma/?_openstat=ZGlyZWN0LnlhbmRleC5ydTsxMzQwNTc2MDsyODU5MTA4Nzc0O3lhbmRleC5ydTpwcmVtaXVt&yclid=2914964073050546562) свободный. – Загл. с экрана.
16. Что такое монтажные схемы и где они применяются. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://electrik.info/main/school/1125-montazhnye-shemy.html> свободный. – Загл. с экрана.
17. Шкаф распределительный RITTAL. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rittal.com/ua-ru/product/show/variantdetail.action?productID=1360500> свободный. – Загл. с экрана
18. ГОСТ 21.408-93. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов. – М: Изд-во стандартов, 1993. – 53 с.
19. Автоматизированные системы управления технологическими процессами на ТЭС: учебник/ В.С. Андык; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 408с.
20. СТО ТПУ 2.5.01-2011. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://standard.tpu.ru/docs/standorg/ВКР\\_ориг1.htm](http://standard.tpu.ru/docs/standorg/ВКР_ориг1.htm) свободный. – Загл. с экрана.

## Приложение А Спецификация приборов и средств автоматизации